



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Química

## **EVALUACIÓN DEL PROCESO TÉRMICO PARA LA ELABORACIÓN DE FRIJOL ENLATADO CON ALTO CONTENIDO NUTRICIONAL**

**Claudia María Ruiz Muralles**

Asesorado por el Ing. Miguel Arnoldo Lemus Gudiel

Guatemala, agosto de 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**EVALUACIÓN DEL PROCESO TÉRMICO PARA LA ELABORACIÓN DE  
FRIJOL ENLATADO CON ALTO CONTENIDO NUTRICIONAL**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

**CLAUDIA MARÍA RUIZ MURALLES**

ASESORADO POR EL ING. MIGUEL ARNOLDO LEMUS GUDIEL

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERA QUÍMICA**

GUATEMALA, AGOSTO DE 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
VOCAL V	Br. Sergio Alejandro Donis Soto
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

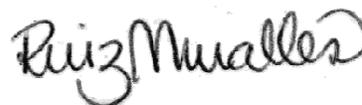
DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADORA	Inga. Dina Lissette Estrada Moreira
EXAMINADOR	Ing. César Alfonso García Guerra
EXAMINADOR	Ing. Jorge Emilio Godínez Lemus
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

## **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:

### **EVALUACIÓN DEL PROCESO TÉRMICO PARA LA ELABORACIÓN DE FRIJOL ENLATADO CON ALTO CONTENIDO NUTRICIONAL**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Ingeniería Química, con fecha 13 de febrero de 2012.



**Claudia María Ruiz Muralles**

Guatemala 06 de Noviembre de 2012

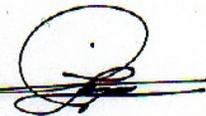
Ingeniero  
V́ctor Monz3n  
Director de Escuela de Ingenieŕa Qúmica  
Facultad de Ingenieŕa  
Universidad San Carlos de Guatemala  
Presente

Por este medio hago de su conocimiento la aprobaci3n del Informe Final del trabajo de graduaci3n de la estudiante **Claudia Maŕa Ruiz Muralles con No. De Carn3 200413503**, titulado "Evaluaci3n del proceso t3rmico para la elaboraci3n de frijol enlatado con alto contenido nutricional".

Agradezco tomar nota de lo expuesto con anterioridad para fines del interesado.

Atentamente,

*Miguel Lemus Gudiel*  
INGENIERO QUIMICO  
MAESTRIA EN ALIMENTOS  
COLEGIADO No. 569



Miguel Arnoldo Lemus Gudiel  
Ingeniero Qúmico



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

Guatemala, 21 de noviembre de 2012  
Ref. IQ.TG-IF.057.2012

Ingeniero  
**Víctor Manuel Monzón Valdez**  
DIRECTOR  
Escuela Ingeniería Química  
Facultad de Ingeniería

Estimado Ingeniero Monzón:

Como consta en el Acta TG-013-2012-IF le informo que reunidos los Miembros de la Terna nombrada por la Escuela de Ingeniería Química, se practicó la revisión del:

**INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADUACIÓN**

Solicitado por la estudiante universitaria: **Claudia María Ruiz Muralles**

Identificada con número de carné: **2004-13503**

Previo a optar al título de INGENIERA QUÍMICA.

Siguiendo los procedimientos de revisión interna de la Escuela de Ingeniería Química, los Miembros de la Terna han procedido a **APROBARLO** con el siguiente título:

**EVALUACIÓN DEL PROCESO TÉRMICO PARA LA ELABORACIÓN DE FRIJOL ENLATADO CON ALTO CONTENIDO NUTRICIONAL**

El Trabajo de Graduación ha sido asesorado por el Ingeniero Químico: **Miguel Arnoldo Lemus Gudiel**.

Habiendo encontrado el referido informe final del trabajo de graduación **SATISFACTORIO**, se autoriza al estudiante, proceder con los trámites requeridos de acuerdo a las normas y procedimientos establecidos por la Facultad para su autorización e impresión.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

  
Inga. Hilda Piedad Palma  
COORDINADORA DE TERNA  
Tribunal de Revisión  
Trabajo de Graduación



C.c.: archivo





El Director de la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor y de los Miembros del Tribunal nombrado por la Escuela de Ingeniería Química para revisar el Informe del Trabajo de Graduación de la estudiante, **CLAUDIA MARÍA RUIZ MURALLES** titulado: **"EVALUACIÓN DEL PROCESO TÉRMICO PARA LA ELABORACIÓN DE FRIJOL ENLATADO CON ALTO CONTENIDO NUTRICIONAL"**. Procede a la autorización del mismo, ya que reúne el rigor, la secuencia, la pertinencia y la coherencia metodológica requerida.

Ing. Víctor Manuel Monzón Valdez  
DIRECTOR  
Escuela de Ingeniería Química



Guatemala, agosto 2013

Cc: Archivo  
VMMV/ale

Universidad de San Carlos  
de Guatemala

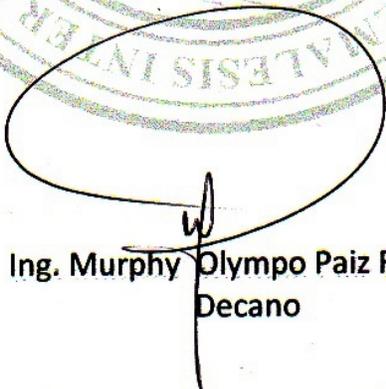


Facultad de Ingeniería  
Decanato

DTG. 568.2013

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 Química, al Trabajo de Graduación titulado: **EVALUACIÓN DEL PROCESO TÉRMICO PARA LA ELABORACIÓN DE FRIJOL ENLATADO CON ALTO CONTENIDO NUTRICIONAL**, presentado por la estudiante universitaria **Claudia María Ruiz Muralles**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos  
Decano

Guatemala, 20 de agosto de 2013

/gdech



# ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	V
LISTA DE SÍMBOLOS.....	IX
GLOSARIO.....	XIII
RESUMEN .....	XXI
OBJETIVOS .....	XXIII
INTRODUCCIÓN .....	XXV
1. ANTECEDENTES.....	1
2. MARCO TEÓRICO .....	5
2.1. <i>Clostridium botulinum</i> .....	5
2.1.1. Morfología .....	5
2.1.2. Caracteres de cultivo .....	6
2.1.3. Resistencia.....	6
2.1.3.1. Temperatura .....	6
2.1.3.1.1. Medida de acidez o alcalinidad (pH).....	7
2.1.3.2. Actividad del agua ( $a_w$ ).....	8
2.1.4. Intoxicación botulínica.....	9
2.1.4.1. Botulismo .....	9
2.1.4.2. Síntomas.....	9
2.1.4.3. Tratamiento.....	9
2.2. Proteína.....	10
2.2.1. Proteínas alimenticias .....	11
2.2.1.1. Proteínas de leguminosas .....	11
2.2.2. Tratamientos térmicos moderados.....	11

2.3.	Fibra.....	12
2.3.1.	Fibra alimenticia.....	12
2.3.1.1.	Fibra soluble .....	13
2.4.	Regulatorios aplicables de ley.....	13
2.4.1.	COGUANOR.....	14
2.4.1.1.	NGO 34 150, especificaciones frijol volteado en pasta .....	14
2.4.2.	Food and Droug Administration (FDA) .....	15
2.4.2.1.	Etiquetado nutricional .....	16
2.5.	Envases herméticamente sellados .....	17
2.5.1.	Condiciones para la preservación segura .....	17
2.5.2.	Vacío en el envase .....	18
2.5.3.	Llenado .....	18
2.5.4.	Cierre del envase.....	19
2.5.4.1.	Doble sello.....	19
2.5.5.	Enfriamiento del envase .....	23
2.5.6.	Prevención de contaminación y deterioro posproceso ...	24
2.6.	Transferencia de calor .....	24
2.6.1.	Transferencia de calor por conducción.....	25
2.6.2.	Transferencia de calor por convección.....	25
2.6.3.	Transferencia de calor por radiación .....	26
2.7.	Proceso térmico.....	26
2.7.1.	Esterilidad comercial.....	26
2.7.1.1.	Alimentos de baja acidez.....	26
2.7.2.	Tratamiento establecido o programado .....	27
2.7.3.	Características de calentamiento del producto.....	28
2.7.4.	Procesamiento en autoclave .....	29
2.7.5.	Características de la penetración de calor .....	30



3.6.3.1.	Formato programación de pruebas industriales .....	49
3.7.	Tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información .....	50
3.7.1.	Formato reporte prueba industrial .....	50
3.7.2.	Formato resultado análisis microbiológico.....	51
3.7.3.	Formato resultado análisis nutricional .....	52
3.7.4.	Formato evaluación sensorial QDA .....	53
3.7.5.	Formato resultado evaluación sensorial .....	55
3.8.	Análisis estadístico .....	56
3.8.1.	Tamaño de la muestra.....	56
3.8.1.1.	Criterios de diseño.....	57
3.8.1.2.	Determinación del valor estadístico de la curva normal de frecuencias .....	57
3.8.2.	Cálculo del tamaño de la muestra microbiológica .....	58
3.8.3.	Cálculo tamaño de muestra análisis nutricional .....	59
4.	RESULTADOS.....	61
5.	INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS .....	67
	CONCLUSIONES .....	73
	RECOMENDACIONES.....	75
	BIBLIOGRAFÍA .....	77
	APÉNDICES .....	79
	ANEXOS .....	83

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	<i>Clostridium botulinum</i> .....	5
2.	Comportamiento bacteriano de un alimento en función de pH y temperatura .....	8
3.	Doble sello.....	20
4.	Doble sello: primera operación.....	21
5.	Doble sello: segunda operación .....	22
6.	Lata abofada.....	23
7.	Termocupla.....	28
8.	Distribución de calor en una autoclave; termocuplas a la misma temperatura .....	30
9.	Clases de TDC de productos alimenticios.....	31
10.	Calentamiento del alimento en una lata .....	32
11.	Perfilamiento QDA.....	36
12.	Delimitación campo de estudio.....	40
13.	Distribución de probabilidad estándar .....	58
14.	Variaciones en el resultado del análisis nutricional .....	63
15.	Scanner doble sello .....	65
16.	Gráfica perfilamiento de sabor (QDA) frijol negro .....	66

### TABLAS

I.	Tiempo máximo de supervivencia de esporas en solución de fosfato .....	7
----	--	---

II.	Requerimientos adicionales para <i>Claims</i> de contenido nutricional .....	16
III.	Procedimiento de siembra para mesófilos y termófilos anaerobios .....	37
IV.	Variables en el trabajo de graduación .....	39
V.	Recurso humano disponible .....	41
VI.	Recurso material disponible; equipo .....	42
VII.	Recurso material disponible; cristalería.....	43
VIII.	Recurso material disponible, reactivos.....	43
IX.	Material y equipo para recolección y ordenamiento de la información .....	44
X.	Formado de especificación de producto terminado.....	45
XI.	Formato de solicitud de prueba industrial.....	47
XII.	Formato de programa de pruebas industriales.....	49
XIII.	Formato de control y registro de prueba industriales .....	50
XIV.	Formato de resultados microbiológicos .....	52
XV.	Formato de resultado de análisis nutricional .....	53
XVI.	Formato de papeleta de análisis descriptivo cuantitativo QDA .....	54
XVII.	Formato de resultado de análisis descriptivo cuantitativo QDA .....	55
XVIII.	Criterios de diseño.....	57
XIX.	Reformulación frijoles negros .....	61
XX.	Valor teórico de pH para inhibir crecimiento de <i>Clostridium botulinum</i> .....	61
XXI.	Variación pH en reformulación .....	62
XXII.	Resultados cálculo de parámetros de control para proceso térmico .....	62
XXIII.	Análisis nutricional posproceso térmico; fibra soluble .....	62
XXIV.	Análisis nutricional posproceso térmico, proteína .....	63
XXV.	Parámetros teóricos de doble sello .....	64

XXVI.	Evaluación de doble sello .....	64
XXVII.	Resultados microbiológicos .....	65
XXVIII.	Resultado perfilamiento de sabor (QDA) frijol negro .....	66



## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b><math>A_w</math></b>	Actividad del agua.
<b>B</b>	Beta.
<b>z</b>	Cambio en la temperatura que acompaña un cambio de 10 veces en el tiempo de inactivación de microorganismos.
<b>dt</b>	Cambio de temperatura durante el proceso.
<b>E400</b>	Cas #: Alpha – Tocoferol.
<b>E</b>	Error de muestreo o error probabilístico de las estimaciones.
<b>°C</b>	Grado Celsius.
<b>µg</b>	Microgramo.
<b>mL</b>	Mililitro.
<b>min</b>	Minutos.

<b><math>z</math></b>	Nivel de confianza.
<b>No.</b>	Número.
<b><math>\eta</math></b>	Número de panelistas entrenados evaluados.
<b><math>\sum_{i=1}^n a_i</math></b>	Sumatoria de las calificaciones obtenidas en la escala estructurada.
<b><math>n</math></b>	Tamaño de la muestra.
<b><math>N</math></b>	Tamaño del universo.
<b>F</b>	Tiempo de muerte térmica.
<b><math>\theta</math></b>	Temperatura.
<b>%</b>	Porcentaje.
<b>pH</b>	Potencial de hidrógeno.
<b><math>p</math></b>	Probabilidad de ocurrencia de un evento.
<b><math>q</math></b>	Probabilidad de no ocurrencia de un evento.
<b><math>\bar{x}</math></b>	Promedio de los valores asignados por los panelistas a cada descriptor evaluado.

**RACC** Acrónimo del inglés Reference Amount Customarily Consumed.

**VD** Valor diario.



## GLOSARIO

<b>Ácido</b>	Compuesto químico que dona un catión de hidrógeno ( $H^+$ ) a un compuesto base.
<b>Alcalino</b>	Compuesto químico que contiene propiedades básicas.
<b>Aminoácido</b>	Compuesto orgánico que se combina para formar proteínas.
<b>Anaerobio</b>	Organismo que puede vivir y desarrollarse en ausencia completa de oxígeno.
<b>Antitoxina</b>	Anticuerpo formado en un organismo como respuesta a la presencia de una toxina bacteriana en su interior, a la cual puede neutralizar.
<b>Autoclave</b>	Equipo metálico con cierre hermético que trabaja a alta presión para realizar una reacción industrial.
<b>Bacilo</b>	Bacteria con forma de barra o vara.
<b>Bacteria</b>	Microorganismo unicelular carece de núcleo definido ni orgánulos membranosos internos.
<b>Brote</b>	Aparición o principio de una cosa, generalmente no prevista.

<b>Calor</b>	Proceso de transferencia de energía entre cuerpo que están a diferente temperatura.
<b>Calibrar</b>	Graduar exactamente un aparato o instrumento según una unidad de medida.
<b>Caloría</b>	Unidad de energía térmica equivalente a la cantidad de calor necesaria para elevar un grado centígrado la temperatura de un gramo de agua.
<b>Catálisis</b>	Proceso por el cual se aumenta o disminuye la velocidad de una reacción química.
<b>Cepa</b>	Conjunto de virus, bacterias u hongos que tienen el mismo patrimonio genético.
<b>Certificación</b>	Garantía que asegura la certeza o autenticidad de algo.
<b>Claim</b>	Reclamar, afirmar.
<b><i>Clostridium botulinum</i></b>	Bacilo productor de la toxina botulínica, agente causal del Botulismo.
<b>Corrosión</b>	Reacción química de óxido-reducción.
<b>Energía</b>	Capacidad para realizar un trabajo.

<b>Especificación</b>	Documento técnico oficial que establece de forma clara las características, materiales y servicios para fabricar un producto.
<b>Espora</b>	Célula reproductora generalmente haploide y unicelular.
<b>Esterilización</b>	Método por el cual se hace infecundo un ser vivo, evitando su reproducción.
<b>Etiquetado nutricional</b>	Información acerca de las características de un producto (inscripción, leyenda, ilustración, contenido) alimenticio.
<b>Evaluación sensorial</b>	Análisis normalizado de los alimentos, realizado mediante los sentidos.
<b>Descriptor</b>	Atributo evaluado.
<b>Desnaturalización</b>	Cambio estructural donde pierde su estructura nativa, su óptimo funcionamiento y propiedades fisicoquímicas.
<b>Fermentación</b>	Proceso catabólico de oxidación incompleta, produce un compuesto orgánico.
<b>Fibra alimentaria</b>	Conjunto de compuestos químicos de naturaleza heterogénea.
<b>Flagelo</b>	Apéndice movable presente en organismos unicelulares.

<b>Fluido</b>	Medio continuo formado por alguna sustancia entre cuyas moléculas hay una fuerza de atracción débil.
<b>Garantizar</b>	Dar garantía que una cosa va a suceder o realizarse.
<b>Gram positivo</b>	Bacilo que carece de capa lipopolisacárido.
<b>Hermético</b>	Impenetrable, incomprensible o cerrado. No permite pasar aire ni fluidos.
<b>Incubación</b>	Período de tiempo en el cual se crea un ambiente con humedad y temperatura adecuada para el crecimiento o reproducción de seres vivos.
<b>Industria alimentaria</b>	Industria encargada de la elaboración, transformación, preparación, conservación y envasado de alimentos para consumo humano y animal.
<b>Inhibición</b>	Prohibir, estorbar o impedir.
<b>Inocuidad</b>	Incapacidad para hacer daño.
<b>Letal</b>	Mortífero, capaz de ocasionar la muerte.
<b>Mesófilo</b>	Organismo que tiene una temperatura óptima de crecimiento de entre 15 y 35 °C.
<b>Metabolismo</b>	Conjunto de reacciones bioquímicas y procesos físico-químicos que ocurren en una célula y en el organismo

<b>Metodología</b>	Conjunto de procedimientos racionales utilizados para alcanzar una gama de objetivos que rigen una investigación científica o tareas que requieran habilidades, conocimientos o cuidados específicos.
<b>Microbiología</b>	Rama de la biología encargada del estudio de los microorganismos.
<b>Microorganismos</b>	Ser vivo en su mayoría unicelular que puede visualizarse únicamente por el microscopio.
<b>Neutro</b>	Sustancia o compuesto químico que no es ácido ni básico.
<b>Organoléptico</b>	Dicho de una propiedad de un cuerpo que puede percibirse por los sentidos.
<b>Oxidación</b>	Reacción química a partir de la cual un átomo, ión o molécula cede electrones. Aumenta su estado de oxidación.
<b>Panelista</b>	Grupo de personas que expone su opinión y punto de vista sobre tema concreto.
<b>Parámetro</b>	Constante o variable cuyos distintos valores dan lugar a diferentes casos en un problema.
<b>Polisacárido</b>	Biomolécula formada por la unión de varios monosacáridos.

<b>Polivalente</b>	Elemento que tiene varias valencias.
<b>Preservación</b>	Conservación o protección contra un daño o peligro.
<b>Presión</b>	Fuerza que ejerce un gas, líquido o sólido sobre una unidad de superficie de un cuerpo.
<b>Procedimiento</b>	Conjunto de acciones u operaciones que deben realizarse de la misma forma para obtener el mismo resultado bajo las mismas condiciones.
<b>Proceso térmico</b>	Procedimiento de preservación mediante calor aplicado por un tiempo suficiente para exterminar y reducir la probabilidad de sobrevivencia de los microorganismos.
<b>Proteína</b>	Biomoléculas formadas por cadenas de aminoácidos.
<b>Prueba industrial</b>	Ensayo a nivel industrial que evalúa nuevas variables y procesos.
<b>Solubilidad</b>	La capacidad de un soluto de disolverse en un solvente a una temperatura determinada.
<b>Tamaño muestral</b>	Número de sujetos necesarios para que los datos obtenidos sean representativos de la población.
<b>Temperatura</b>	Magnitud escalar relacionada con la energía interna de un sistema.

<b>Termocupla</b>	Transductor formado por la unión de dos metales distintos que produce un voltaje.
<b>Termófilo</b>	Organismo vivo que puede soportar condiciones extremas de temperatura.
<b>Toxina</b>	Sustancia venenosa producida por animales, plantas, bacterias y otros organismos biológicos.
<b>Vacío</b>	La condición de una región donde la densidad de partículas es muy baja donde la presión de aire u otras gases es menor que la atmosférica.
<b>Vacuómetro</b>	Instrumento que mide con gran precisión presiones absolutas superiores o inferiores a la atmosférica.
<b>Vapor</b>	Gas que puede condensarse por presurización a temperatura constante o por enfriamiento a presión constante.
<b>Variable</b>	Elemento de una fórmula, proposición o algoritmo que puede adquirir o ser sustituido por un valor cualquiera.
<b>Vida de anaquel</b>	Duración de tiempo útil dada a un alimento, bebida, farmacéutico antes de darse por caducados.
<b>Voltaje</b>	Potencial eléctrico expresado en voltios.



## RESUMEN

El presente trabajo consiste en el diseño de una metodología para el proceso térmico en la fabricación de una nueva presentación de frijoles negros enlatados enriquecidos con fibra y proteína.

Está basado en el análisis de un proceso químico industrial con la finalidad de garantizar la ausencia de *Clostridium botulinum* y preservar las propiedades nutricionales a declarar en la etiqueta.

Utilizando como herramienta el enlatado como un método de preservación de alimentos, su esterilización mediante las correctas aplicaciones de calor y sellado hermético para garantizar la esterilidad del alimento.

Produciendo así alimentos libres de microorganismos dañinos para la salud, o aquellos capaces de reproducirse bajo condiciones normales de almacenamiento y distribución sin refrigeración.

Este diseño se desarrollará, exclusivamente para una planta alimentaria bajo los lineamientos de salud y bienestar, aportando así un valor agregado a dicho producto.

Cumpliendo con los requerimientos aplicables de ley; COGUANOR (frijol volteado en pasta NGO 34 150) y FDA (etiquetado nutricional).



# OBJETIVOS

## General

Evaluar el proceso térmico para la fabricación de frijoles enlatados con alto contenido de fibra y proteína, asegurando la ausencia de *Clostridium botulinum* y contenido nutricional.

## Específicos

1. Determinar el pH adecuado de fórmula para inhibir el crecimiento de *Clostridium botulinum* mediante valores teóricos.
2. Determinar parámetros de control (presión, temperatura y tiempo) en el proceso de transferencia de calor mediante cálculos teóricos.
3. Asegurar que los parámetros establecidos para el proceso térmico garanticen la ausencia de *Clostridium botulinum*.
4. Asegurar que los parámetros establecidos para el proceso térmico garanticen el contenido nutricional a declarar (proteína y fibra).
5. Determinar que el doble sello sea el adecuado, para que la lata no sufra de contaminación cruzada posterior al pasteurizado.

6. Verificar que los parámetros establecidos para el proceso térmico no afecten las propiedades organolépticas del producto terminado mediante un perfilamiento de sabor QDA.

## INTRODUCCIÓN

Una planta productora de alimentos necesita establecer y validar una nueva metodología para asegurar la inocuidad en el enlatado de frijol negro con alto contenido de fibra y proteína.

Actualmente, esta planta está autorizada para producir una gama de frijoles enlatados, sin embargo, este desarrollo sigue nuevos lineamientos de salud y bienestar; integrando así nuevas propiedades alimenticias, alto contenido de fibra y proteína.

Es vital validar un proceso térmico que garantice la inocuidad del producto (ausencia de *Clostridium botulinum*) y asegure las propiedades nutritivas a declarar en la etiqueta.

Este se regirá por los requerimientos de ley; COGUANOR (Especificaciones frijoles volteados en pasta) y FDA (etiquetado nutricional).

Los valores teóricos de los parámetros de control (pH, presión, temperatura y tiempo) serán evaluados en la prueba industrial, los cuales serán validados mediante estudios microbiológicos (esterilidad comercial), nutricionales (proteínas y fibra) y sensoriales (QDA).



## 1. ANTECEDENTES

El tratamiento térmico de alimentos, como herramienta para la conserva tiene inicios desde 1810, cuando el confitero francés Nicolás Appert descubrió que los alimentos envasados en frascos de vidrio, sellados con corcho y esterilizados en agua hirviendo duraban más sin descomponerse.

Cincuenta años después, Louis Pasteur demostró que ciertos microorganismos eran responsables de la fermentación y la descomposición de los alimentos.

En 1895, el Instituto de Tecnología de Massachussets demostró que el deterioro de los alimentos enlatados era el resultado de la aplicación insuficiente de calor para destruir los microorganismos.

La teoría Los gérmenes como causa de enfermedades, plantea que la mayoría de enfermedades en humanos son causadas por microorganismos específicos (patógenos).

El microorganismo o la sustancia producida por este, invaden el cuerpo y causan la enfermedad.

El estudio Transportbehavior of sterilization of cannedliquid - food realizado por el Instituto tecnológico de Celaya (México) del Departamento de Ingeniería Química, hace referencia sobre el diseño de un proceso térmico el cual requiere de la selección del microorganismo a inactivar, relacionado con el producto alimenticio.

Históricamente, el bacilo *Clostridium botulinum* se inicia oficialmente en 1820, con las investigaciones realizadas por Justinus Kerner en el reino de Württemberg. Producto de los envenenamientos por salsas con carne conocido como botulismo (de *botulus* salsa).

Walter Ledermann, en su estudio *The History of Clostridium botulinum* establece que el primer brote documentado de botulismo se dio en Chile en la década de los setentas.

Este microorganismo es formador de esporas y productor de una toxina letal para el hombre. Su presencia es común en alimentos de baja acidez así como en el frijol enlatado. Este crece en ausencia de oxígeno, resiste a altas temperaturas y a la presencia de agentes químicos.

Las causas que originan la presencia de *Clostridium botulinum* radican en la contaminación del grano de frijol por contacto directo con el suelo y agua; este es propicio ya, que los pequeños agricultores no tienen metodologías de buenas prácticas de manufactura.

La industria de alimentos en la cual se implementará este diseño, actualmente produce frijoles enlatados, esta cuenta con la certificación del proceso térmico para determinados parámetros de presión, temperatura y tiempo.

El 28 de abril de 2012 se realizó una prueba industrial para una nueva variedad de frijoles altos en fibra y proteína. Esta se llevó a cabo bajo los mismos parámetros de línea, buscando validar el nuevo producto con el procedimiento y parámetros certificados.

Los resultados no fueron favorables del todo, al finalizar el proceso térmico se determinó lo siguiente:

- 100 por ciento de esterilidad comercial en las latas (ausencia *Clostridium botulinum*).
- Una reducción del 20 por ciento de las propiedades nutricionales a declarar (proteína y fibra).
- Una percepción sensorial del 40 por ciento de los panelistas entrenados; diferencia significativa en textura y consistencia.



## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1. *Clostridium botulinum*

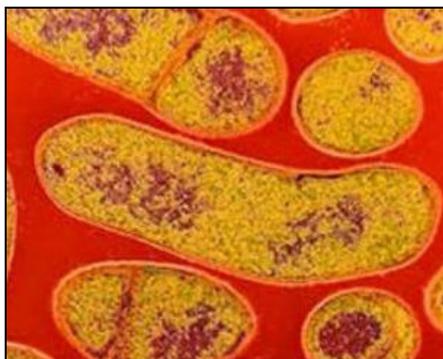
Es el nombre de una especie de bacilo que se encuentra por lo general en la tierra y es productora de la toxina botulínica, el agente causal del botulismo.

#### 2.1.1. Morfología

Bacilo grampositivo, con extremos redondeados de una longitud de 3 a 8 micras y un grosor de 0,5 a 0,8 micras. Es ligeramente móvil y posee de 4 a 8 flagelos.

Los bacilos se presentan aislados o agrupados en cadenas cortas, ampliamente distribuido en la naturaleza y frecuentemente presente en el tracto intestinal de animales domésticos.

Figura 1. *Clostridium botulinum*



Fuente: <http://devarkarswapnil.110mb.com>. Consulta: junio de 2012.

### **2.1.2. Caracteres de cultivo**

El bacilo es anaerobio estricto y se cultiva con facilidad en condiciones anaerobias. Se desarrolla con la máxima rapidez a temperaturas alrededor de 25 grados centígrados en substratos neutros o moderadamente alcalinos.

El *Clostridium botulinum* produce ácido y gas de la glucosa, fructosa, maltosa, sacarosa, dextrina, glicerina, adonitol e inositol. No fermenta la lactosa, xilosa y salicina.

### **2.1.3. Resistencia**

Las esporas del *Clostridium botulinum* toleran condiciones ambientales adversas por períodos prolongados de tiempo sin perder la capacidad de germinar.

#### **2.1.3.1. Temperatura**

El organismo es capaz de crecer en ausencia de aire u oxígeno. Su habilidad de formar esporas le permite sobrevivir en una amplia variedad de condiciones desfavorables; calor y agentes químicos.

La resistencia al calor de las esporas es mayor que la de cualquier otro anaerobio.

Esty y Meyer comprobaron que la termorresistencia de las esporas de 112 cepas variaba entre 3 – 110 minutos cuando se calentaban a 105 grados centígrados en una solución fosfato a pH 7<sup>1</sup>.

Tabla I. **Tiempo máximo de supervivencia de esporas en solución de fosfato**

Tiempo de supervivencia (minutos)	Temperatura (°C)
330	100
110	105
33	110
4	120

Fuente: ZINSSER, H. *Bacteriología de Zinsser*. p. 581.

#### 2.1.1.1. **Medida de acidez o alcalinidad (pH)**

El pH de un alimento influye en los tipos de bacterias que crecerán en él, esto es de suma importancia, ya que el pH puede determinar si el *Clostridium botulinum* tiene la habilidad o no de crecer y producir su toxina.

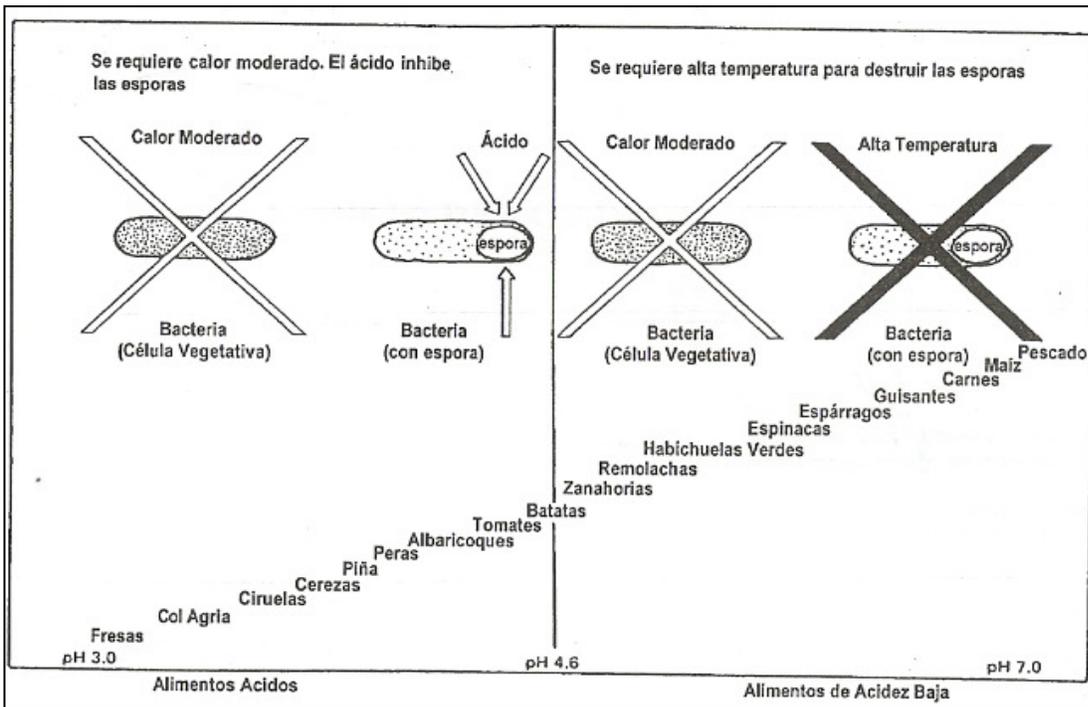
Las esporas de *Clostridium botulinum* no germinan, ni crecen en un alimento a pH menores de 4,8. Se ha determinado un pH 4,6 como línea divisoria entre alimentos ácidos y alimentos de baja acidez.

La aplicación leve de calor destruirá todas las bacterias que no forman esporas. Para matar las esporas de *Clostridium botulinum* hay que aplicar altas temperaturas, por lo que estos alimentos deben ser procesados bajo presión.

---

<sup>1</sup> ZINSSER, Hasn. *Bacteriología de Zinsser*. p. 256.

Figura 2. Comportamiento bacteriano de un alimento en función de pH y temperatura



Fuente: VALENZUELA, Ana. *Validación proceso térmico*. p. 10.

### 2.1.3.2. Actividad del agua ( $a_w$ )

La disponibilidad o actividad del agua es el factor más influyente en el crecimiento de bacterias en un alimento. Las sustancias disueltas en agua disminuyen el número de moléculas de agua libres y de esta manera reducen la cantidad de agua disponible para el crecimiento microbiano. Las esporas de *Clostridium botulinum* se inhiben con niveles de 0,93 o menos de  $a_w$ <sup>2</sup>.

<sup>2</sup> Fundación de Ciencia y Educación de la GMA. Alimentos enlatados

## **2.1.4. Intoxicación botulínica**

Walter Ledermann, en su estudio *The History of Clostridium botulinum* establece que el primer brote documentado de botulismo se dio en Chile en la década de los setentas.

### **2.1.4.1. Botulismo**

La toxina de *Clostridium botulinum* es una de las toxinas conocidas de mayor potencia, causando la muerte con una dosis de  $1\mu\text{g}^3$ . Existen diversas formas antigénicas de la toxina, que van de A a la G, siendo la toxina E la más potente. Transmitida por los alimentos o por el agua.

### **2.1.4.2. Síntomas**

Los síntomas pueden manifestarse al cabo de 12 horas de la ingestión de la toxina. Inicialmente debilidad, lasitud y dolor de cabeza; en seguida el paciente presenta náuseas, vómitos y dolor abdominal. La muerte se produce por parálisis de los músculos respiratorios.

### **2.1.4.3. Tratamiento**

Debe administrarse vía intravenosa una dosis de 100 000 unidades de antitoxina polivalente contra las toxinas tipos A y B. Deberá inyectarse a una velocidad mayor de 1 centímetro cúbico por minuto.

---

<sup>3</sup> STRUTHERS, Keith; WESTRAN Roger. *Bacteriología clínica*. p. 9.

## 2.2. Proteína

Biomoléculas formadas por cadenas lineales de aminoácidos. Constituyen junto con los ácidos nucleicos, las moléculas de información en los seres vivos.

Los microorganismos tienen un número mínimo cercano a 3 000 clases de proteínas que abarcan diferentes funciones; estructura, transporte, motilidad, defensa, reconocimiento, almacenamiento y la función catalítica que llevan a cabo las enzimas<sup>4</sup>. Poseen propiedades nutricionales, y de sus componentes se obtienen moléculas nitrogenadas que permiten conservar la estructura y el crecimiento de quienes las consumen.

Por sus propiedades funcionales pueden:

- Establecer estructura y propiedad final del alimento
- Solubilidad
- Viscosidad
- Absorción de agua
- Felación
- Adehsión-cohesión
- Elasticidad
- Emulsificación
- Espumado
- Capacidad de ligar grasa y sabor

---

<sup>4</sup> DERGAL BAUDI, Salvador. *Química de los alimentos*, p. 12.

### **2.2.1. Proteínas alimenticias**

Son las proteínas que son fácilmente digeribles, no tóxicas, nutricionalmente adecuadas, útiles en los alimentos y disponibles en abundancia.

Las proteínas pueden ser adquiridas de fuentes convencionales (carne, leche, huevo, entre otros) y no convencionales (proteína de soya y otras leguminosas).

#### **2.2.1.1. Proteínas de leguminosas**

Las leguminosas comprenden cerca de 20 000 especies y tienen gran importancia tradicional en la dieta, principalmente: frijol, chícharo, lenteja, garbanzo, cacahuate, haba y soya.

- Proteínas de la soya: ha cobrado especial importancia por poseer diversos efectos fisiológicos; capacidad de reducir el colesterol sanguíneo, reducir la grasa corporal e inclusive, FDA ha probado que su consumo previene enfermedades coronarias.

Las principales proteínas de almacenamiento en soya son  $\beta$ -conglucina y glicina (25-30 por ciento), consideradas fuentes de proteína dietaria.

### **2.2.2. Tratamientos térmicos moderados**

Generalmente, estos tratamientos son benéficos y deseables debido a que la desnaturalización de las proteínas facilita su digestión. Sin embargo, al

alcanzar temperaturas drásticas puede inactivar las propiedades nutricionales y alterar su conformación.

## **2.3. Fibra**

Es la parte estructural de las plantas, se encuentra en todos los alimentos derivados de los productos vegetales; verduras, frutas, cereales y legumbres. Las fibras se describen como polisacáridos no almidonados, sin embargo, pueden incluir compuestos no polisacáridos como la lignina, cutina y los latinos.

### **2.3.1. Fibra alimenticia**

Es la parte de las plantas comestibles que resisten la digestión y absorción en el intestino humano. Está formado por un conjunto de compuestos químicos de naturaleza heterogénea (polisacáridos, oligosacáridos, lignina y sustancias análogas).

La fibra no es un nutriente, ya que no participa directamente en los procesos metabólicos básicos del organismo, sin embargo, desempeña funciones fisiológicas importantes. El organismo humano no puede procesarla, el aparato digestivo no dispone de las enzimas para digerirla. Las enzimas de la flora bacteriana fermentan, parcialmente la fibra y la descomponen en diversos compuestos químicos; gases y ácidos grasos de cadena corta.

El consumo de fibra en la alimentación previene enfermedades como: estreñimiento, obesidad, cáncer de colon y recto, diabetes mellitas y hipercolesterolemia.

### **2.3.1.1. Fibra soluble**

Está conformada por componentes que captan mucha agua (inulina, pectinas, gomas y fructooligosacáridos), son capaces de formar geles viscosos, disminuir y ralentizar la absorción de grasas y azúcares de los alimentos, contribuyendo así a la regulación de los niveles de colesterol y glucosa en la sangre. Altamente fermentable favoreciendo la creación de flora bacteriana.

Predomina en las legumbres (zanahoria y granos secos), cereales (avena y cebada) y frutas (papaya y ciruela).

- Polidextrosa: polisacárido clasificado como fibra soluble (E400) empleado en bebidas y alimentos.

Altamente soluble en agua, sabor neutro, estable ante extremas temperaturas y pH. Reemplaza al azúcar, reduce la ingesta de calorías así como el contenido graso.

## **2.4. Regulatorios aplicables de ley**

El trabajo de graduación plantea la determinación de los parámetros del proceso térmico para elaboración de frijol enlatado con alto contenido nutricional. Para su comercialización legal y cumplimiento de reclamación (claim) es necesario satisfacer con los siguientes regulatorios de ley.

### **2.4.1. COGUANOR**

Es el Organismo Nacional de Normalización, adscrito al Ministerio de Economía, lo cual se ratifica en el Decreto No. 78-2005, Ley del Sistema Nacional de la Calidad.

La principal función de COGUANOR es desarrollar actividades de normalización que contribuyan a mejorar la competitividad de las empresas nacionales y elevar la calidad de los productos y servicios que dichas empresas ofertan en el mercado nacional e internacional.

Su ámbito de actuación abarca todos los sectores económicos. Las normas técnicas que COGUANOR elabora, publica y difunda, son de observancia, uso y aplicación voluntarios<sup>5</sup>.

#### **2.4.1.1. NGO 34 150, especificaciones frijol volteado en pasta**

El frijol volteado en pasta es el producto precocido constituido por una pasta de frijoles condimentada, obtenida a partir de frijoles de las variedades cultivadas de la especie *Phaseolus vulgaris*, los cuales se someten a un proceso tecnológico apropiado; el producto se envasa en recipientes herméticos y se somete a esterilización industrial.

El producto se designará como: frijol volteado o frijoles volteados, seguidos de la palabra negro o rojo, o el color que corresponda<sup>6</sup>.

---

<sup>5</sup> <http://www.coguanor.gob.gt/>. Consulta: 12 de noviembre de 2012

<sup>6</sup> Norma COGUANOR NGO 34 150.

- Especificaciones
  - Características generales: condiciones higiénicas sanitarias de elaboración según NGO 34 136, aceite o grasa, condimentos y sal y frijoles cosechados al grado de madurez apropiado, sano, limpios y libre de lesiones así como cualquier defecto que afecte su comestibilidad.
  
- Características sensoriales:
  - Color: característico según la materia prima usada.
  - Olor, sabor y textura: característico del frijol volteado recién preparado con frijoles enteros y sanos. Libre de olor o sabor rancio/ extraño.
  - Contenido de impurezas: debe estar libre de impurezas; piedras, tierras, insectos, excretas y cualquier material extraño.
  - Envase: deberá ser de cierres herméticos y de materiales de naturaleza tal, que no alteren las características sensoriales del producto ni produzcan sustancias dañinas o tóxicas.

#### **2.4.2. Food and Droug Administration (FDA)**

Es una agencia dentro del departamento de Salud y Servicios Humanos de los Estados Unidos de Norte América. Protege la salud pública mediante la regulación de los medicamentos de uso humano y veterinario, vacunas y otros productos biológicos, dispositivos médicos, el abastecimiento de alimentos del país, los cosméticos, los suplementos dietéticos y los productos que emiten radiaciones.

Favorece la salud pública mediante el fomento de las innovaciones de productos. Provee al público la información necesaria, exacta, con base científica, que permite utilizar medicamentos y alimentos para mejorar su salud.

#### 2.4.2.1. Etiquetado nutricional

Toda aquella descripción destinada a informar al consumidor sobre las propiedades nutricionales de un alimento. Esta comprende la declaración de nutrientes así como la información nutricional complementaria.

- Reclamación en etiqueta (*Claim*)

Los parámetros de control a determinar para el proceso térmico deberán asegurar que las propiedades nutricionales a reclamar alto contenido en fibra y proteína se mantengan en el producto final.

Para poder reclamar (*Claim*) alto contenido la FDA establece los requerimientos que se describen en la tabla II:

Tabla II. **Requerimientos adicionales para *Claims* de contenido nutricional**

<b>Reclamación (<i>Claim</i>)</b>	<b>Requerimientos</b>
“alto”, “rico en” o “excelente fuente de”	Contiene 20% o más del VD por RACC. Se pueden utilizar en comidas o platos principales para indicar que el producto contiene un alimento que cumple con la definición, pero no puede utilizarse para describir la comida <sup>7</sup> .

Fuente: <http://www.registrarcorp.com/fda-guidance/21cfr/part1-foodfacility.jsp>. Consulta: julio de 2012.

---

<sup>7</sup> Normativa FDA; 21 CFR 101.54 (b)

## **2.5. Envases herméticamente sellados**

Contenedor cerrado que protege su contenido tanto de fugas como de penetración de bacterias y lo mantiene estéril durante y después del proceso.

Los envases para productos procesados a altas temperaturas deben ser fuertes, durables y principalmente, deben ser capaces de permanecer sellados herméticamente bajo condiciones comerciales normales de operación y distribución.

### **2.5.1. Condiciones para la preservación segura**

La preservación segura de los alimentos mediante su tratamiento térmico depende de las siguientes condiciones:

- El uso de procedimientos apropiados para el llenado y sellado, para producir envases herméticamente sellados capaces de prevenir el reingreso de microorganismos al producto después del proceso térmico y así lograr la esterilidad comercial.
- La aplicación de calor para garantizar la esterilidad comercial del producto y el envase.
- El uso de procedimientos de manejo postproceso que protejan la integridad del envase.

### **2.5.2. Vacío en el envase**

El propósito de mantener el vacío ideal dentro del envase es reducir el estrés del contenedor y sus sellos durante el tratamiento térmico.

Al calentarse el envase, uno sellado, la presión aumenta y crea tensión dentro del mismo. Este vacío se logra usando altas temperaturas de llenado, cierres con vapor y evacuación mecánica del aire dentro del recipiente.

La presencia de vacío en un envase procesado establece la integridad de su sello, no garantiza deterioro por bacterias que no producen gases. Sin embargo, no permite grandes cantidades de oxígeno dentro del envase sellado, lo cual minimiza cambios químicos; oxidación de grasas, oxidación de vitaminas, decoloración del producto o corrosión de la lata

### **2.5.3. Llenado**

El control de este proceso es fundamental para garantizar el espacio de cabeza dentro del envase que permita la formación de vacío y para prevenir que el producto esté en contacto con el área de la tapa o sello o se derrame.

Los residuos de alimentos atrapados entre las estrías de la tapa o el sello en envases sobrellenados pueden deformarlos, atraer contaminantes o causar dificultades en el cierre apropiado.

#### **2.5.4. Cierre del envase**

El buen funcionamiento y mantenimiento de la máquina de cierre y sellado es un factor importante para mantener la hermeticidad en el envase. No se deberán procesar envases con el cuerpo o sellos dañados.

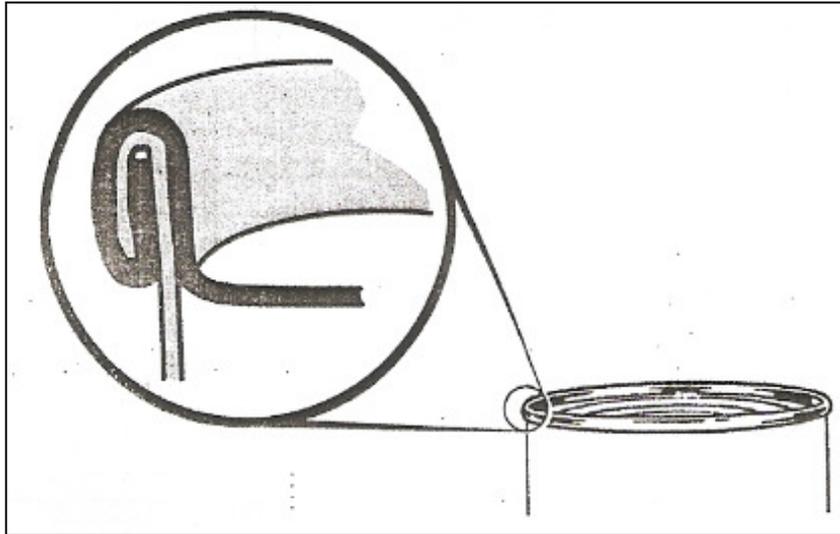
##### **2.5.4.1. Doble sello**

Es la parte de la lata formada al unir el cuerpo de la lata y la tapa. La pestaña del cuerpo y la de la tapa se entrelazan durante la operación de cierre para formar una estructura mecánica fuerte.

Cada doble sello está compuesto por tres espesores del componente de la tapa y dos espesores del componente del cuerpo con el compuesto sellador correspondiente, distribuido a lo largo del metal doblado para lograr un sello hermético. Es llamado sello doble ya que es formado en; primera y segunda operación.

Cada estación de la máquina selladora tiene una placa base, una mordaza selladora y, por lo menos un rodillo de primera operación y uno de segunda operación. La placa base, o mandril afianzador de lata, sostiene el cuerpo de la lata. La mordaza selladora sostiene la tapa de la lata en un sitio en el cuerpo de la lata y actúa como un apoyo para la presión del rodillo del doble sello.

Figura 3. **Doble sello**



Fuente: Fundación de Ciencia y Educación. *Alimentos enlatados*. p. 148.

- Primera operación

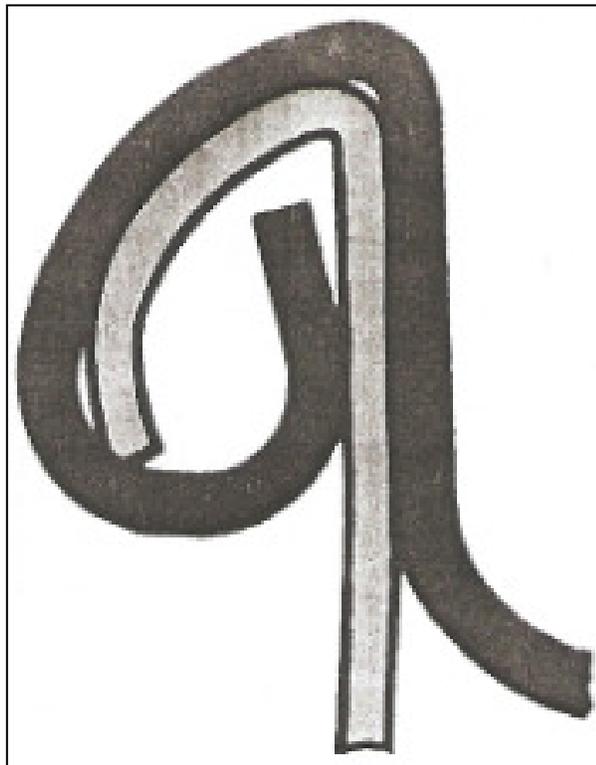
En esta operación, la pestaña de la tapa se entrelaza con la pestaña del cuerpo de la lata, este se produce con un rodillo. Un sello de la primera operación de buena calidad tiene el gancho del cuerpo aproximadamente paralelo al gancho de la tapa y la pestaña de la tapa adyacente a, o tocando la pared del cuerpo de la lata. Este proceso debe cumplir con:

- Correcta altura del gancho calibrador, que es la distancia entre la base del labio de la mordaza selladora y la superficie superior de la placa base.
- Presión correcta en la placa base.

- Uso correcto de los rodillos selladores y la mordaza selladora.
- Alineamiento correcto entre los rodillos selladores y la mordaza selladora.
- Ajustado correcto del rodillo de primera operación.

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

Figura 4. **Doble sello: primera operación**



Fuente: Fundación de Ciencia y Educación. *Alimentos enlatados*. p. 149.

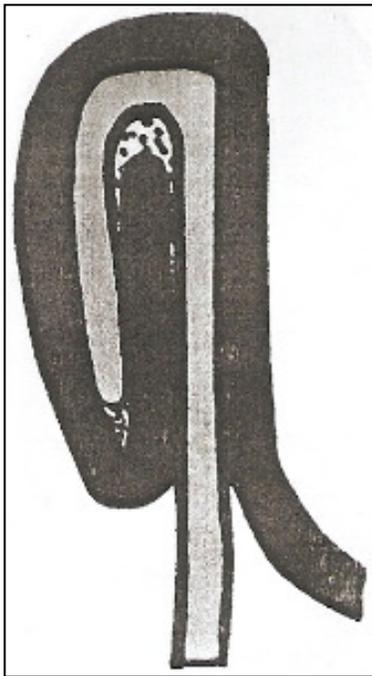
- Segunda operación

El rodillo de la segunda operación tiene una acanaladura más plana que el rodillo de la primera operación y está diseñado para comprimir los enganches preformados, estirar los pliegues en el gancho de la tapa, distribuir el compuesto sellador en el sello para ajustar el sello doble.

Durante la operación del doble sello se ejerce una considerable presión sobre el extremo de la lata, el cuerpo de la lata y el compuesto sellador.

La compresión por el rollo sellador causa que el compuesto sellador fluya y llene la costura y los vacíos en el sello, bloqueando así las fugas potenciales.

Figura 5. **Doble sello: segunda operación**



Fuente: Fundación de Ciencia y Educación. *Alimentos enlatados*. p. 149

### 2.5.5. Enfriamiento del envase

Los envases tratados térmicamente, generalmente se enfrían con agua. Durante el enfriamiento la presión interior en el envase puede exceder la presión del sistema de enfriamiento, por lo que se abofan.

Para su prevención se precisa mantener un vacío dentro del envase. Cuando el envase se deforma por diferencia de presión de enfriamiento, las costuras metálicas se separan y producen escapes del producto y se deteriora el contenido a causa de contaminación bacteriana.

Figura 6. **Lata abofada**



Fuente: <http://blogellas.com/cuidado-con-los-alimentos-enlatados>. Consulta: julio de 2012.

### **2.5.6. Prevención de contaminación y deterioro posproceso**

Debido a que las latas son llenadas al vacío, cualquier sello defectuoso da lugar a una succión de aire, agua u otra partícula hacia dentro del envase; causando el deterioro del producto por infiltración de microorganismos presentes.

El punto de infiltración puede ser:

- Defecto de la fabricación.
- Defecto en el sellado de la lata.
- Falla momentánea en el sello causada por una perturbación del mismo después de haberse formado un vacío parcial.
- En el enfriamiento de la lata en agua.
- Durante el manejo de los envases después de enfriarse.

### **2.6. Transferencia de calor**

Es la ciencia que trata de predecir el intercambio de energía que puede tener lugar entre cuerpos materiales, como resultado de una diferencia de temperatura. La termodinámica enseña que esta transferencia de energía se define como calor. Esta ciencia pretende explicar cómo la energía térmica puede ser transferida y la rapidez con la que bajo condiciones específicas tendrá lugar esa transferencia<sup>8</sup>.

---

<sup>8</sup> HOLMAN, J.P., *Transferencia de calor*. p. 22.

### **2.6.1. Transferencia de calor por conducción**

Flujo de calor a través de medios sólidos por la vibración interna de las moléculas y de los electrones libres y por choques entre ellas. Las moléculas y los electrones libres de la fracción de un sistema con temperatura alta vibran con más intensidad que las moléculas de otras regiones del mismo sistema en contacto con temperaturas más bajas.

Las moléculas con una velocidad más alta chocan con las moléculas menos excitadas y transfieren parte de su energía a las moléculas con menos energía en las regiones más frías del sistema. Las moléculas que absorben el excedente de energía también adquieren mayor velocidad vibratoria y generan más calor.

### **2.6.2. Transferencia de calor por convección**

Es el flujo de calor mediante corrientes dentro de un fluido (líquido o gaseoso). La convección es el desplazamiento de masas de algún líquido o gas.

Cuando una masa de un fluido se calienta al estar en contacto con una superficie caliente, sus moléculas se separan y se dispersan, causando que la masa del fluido llegue a ser menos densa. Al ser menos denso se desplazará hacia arriba o a los lados hacia una región fría, las masas menos calientes (más densas) descenderán o se moverán en sentido opuesto al del movimiento de la masa más caliente.

### **2.6.3. Transferencia de calor por radiación**

Transferencia por medio de ondas electromagnéticas, no se requiere un medio para su propagación. El calor irradiado se puede intercambiar entre la superficie sin calentar el espacio de transición.

## **2.7. Proceso térmico**

El proceso térmico preserva al alimento mediante calor aplicado por un tiempo suficiente para exterminar y reducir la probabilidad de sobrevivencia de los microorganismos y envasado el alimento en un contenedor sellado para prevenir la re contaminación. Todos los productos enlatados son tratados a fin de obtener esterilidad comercial/ vida de anaquel.

### **2.7.1. Esterilidad comercial**

La esterilidad comercial es la condición que alcanza el alimento libre de bacterias y microorganismos, obtenido mediante procesos térmicos por si mismo o en combinación con otros factores o ingredientes que alargan la vida de anaquel del producto y garantizan su seguridad en condiciones normales de distribución y almacenaje a temperatura ambiente. Garantiza que el producto puede consumirse sin daños a la salud ya que los patógenos han sido inactivados.

#### **2.7.1.1. Alimentos de baja acidez**

La esterilidad comercial en alimentos de baja acidez es la condición en la cual todas las esporas de *Clostridium botulinum* y todas las bacterias patógenas, así como organismos resistentes al calor han sido destruidas.

Si el producto no soporta el proceso térmico (presión de retorta y temperatura), se debe aplicar procesos de acidificación controlada. El pH del alimento debe ser menor o igual a 4,5, suficiente para inhibir el crecimiento de *Clostridium botulinum*.

### **2.7.2. Tratamiento establecido o programado**

Es la aplicación de calor que sigue un determinado patrón para lograr esterilidad comercial.

Las autoridades reguladoras requieren que estos procesos sean diseñados por una persona u organización con conocimiento, experiencia y preparación técnica en tratamiento térmicos de alimentos envasados herméticamente, así como instalaciones adecuadas.

El proceso establecido incluye parámetros reguladores del tratamiento térmico, como temperatura inicial del producto, temperatura de proceso y tiempo de tratamiento térmico.

Los establecimientos procesadores de alimentos de baja acidez y acidificados están obligados a proveer información a la FDA sobre el proceso programado para el producto; envase específico, tratamiento térmico, control de pH, tipo y sistema de procesamiento, detalles del proceso programado, fuente y fecha del establecimiento del proceso. A esto se le conoce como registro de proceso.

### 2.7.3. Características de calentamiento del producto

Las autoridades de proceso realizan análisis de penetración de calor para determinar las características del calentamiento en productos comercialmente enlatados mediante el método convencional.

Las mediciones se realizan colocando sondas de temperatura o termocuplas en la zona del envase que se calienta más lentamente. El punto de calentamiento más lento dentro de la lata depende del producto, envase, tamaño, método de procesamiento y el mecanismo de transferencia de calor.

Figura 7. **Termocupla**



Fuente: <http://www.ferroneumatica.com.co/2008/08/23/termocuplas>. Consulta: agosto de 2012.

Los parámetros del proceso dependen de:

- La resistencia del microorganismo a ciertas temperaturas.
- Las características del producto cuando es sometido a altas temperaturas.
- El método de enlatado seleccionado.

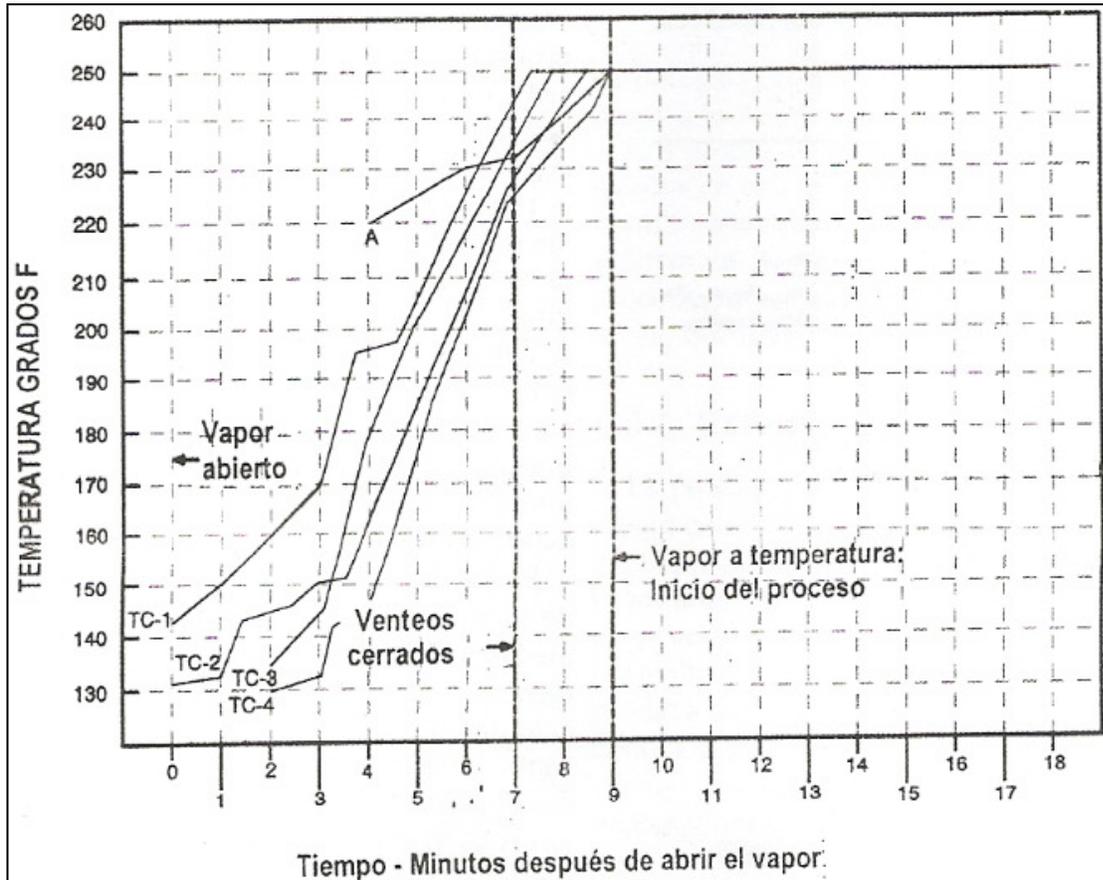
#### **2.7.4. Procesamiento en autoclave**

Calienta los alimentos preenvasados y sellados dentro de un contenedor presurizado.

- Generalidades
  - Funcionan bajo presurización y las temperaturas son altas.
  - Utiliza un medio de calentamiento o procesamiento; vapor, agua hirviendo, mezcla de aire y agua para transferir calor al enlatado.
  - Algunos sistemas aplican presión durante el tratamiento térmico y enfriamiento para mantener la integridad de la lata, contrarrestando el incremento de presión interna dentro del mismo.

Los procedimientos de operación de la autoclave deben proveer una temperatura uniforme al medio de calentamiento dentro de la cámara. El tiempo de proceso comienza a calcular cuando el dispositivo indicador alcance la temperatura del proceso y se haya logrado una distribución de calor uniforme dentro de la autoclave.

Figura 8. **Distribución de calor en una autoclave; termocuplas a la misma temperatura**

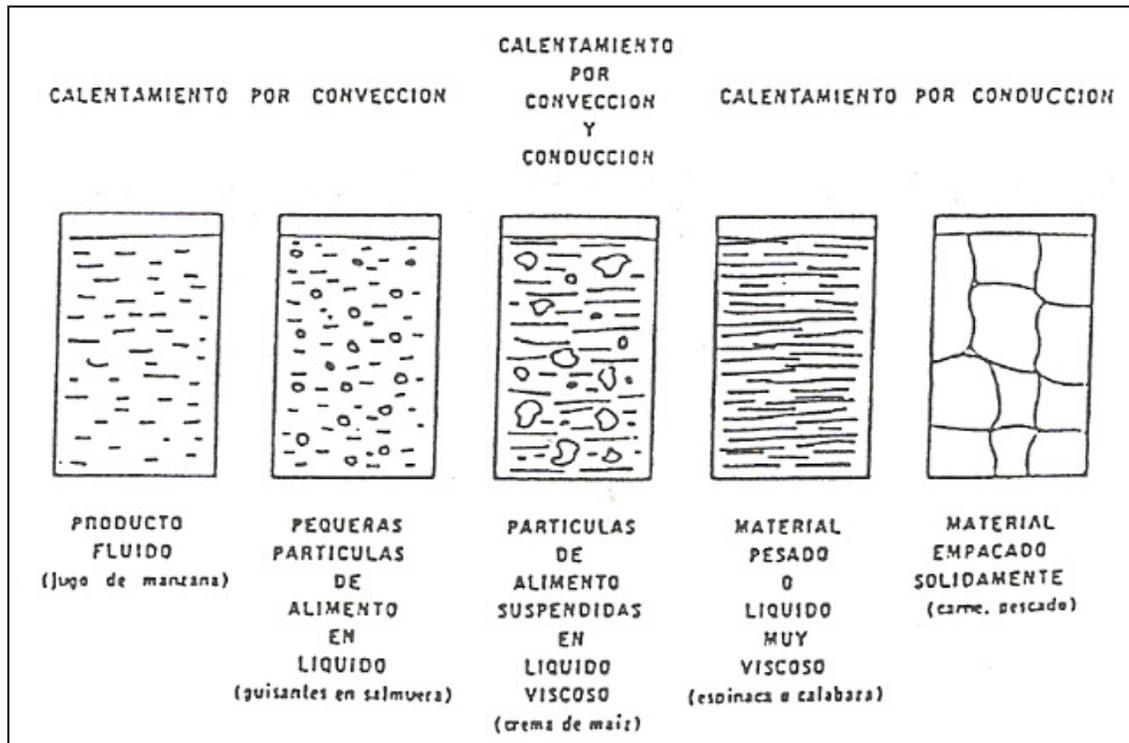


Fuente: Fundación de Ciencia y Educación. *Alimentos enlatados*. p. 40

### 2.7.5. Características de la penetración de calor

Cuando una lata de frijol es sellada herméticamente y colocada en un recipiente de vapor a presión, el calor es transferido del cuerpo caliente (cámara de vapor/ autoclave) al cuerpo frío (lata de frijol). El mecanismo de transferencia de calor en el alimento enlatado puede ser por conducción, convección o ambos.

Figura 9. Clases de TDC de productos alimenticios



Fuente: VALENZUELA, Ana. *Validación proceso térmico*. p. 11

El calor es transferido por conducción del vapor a la lata y de la lata a su contenido. El contenido se calienta por corrientes de convección o por conducción, algunas veces por ambos métodos.

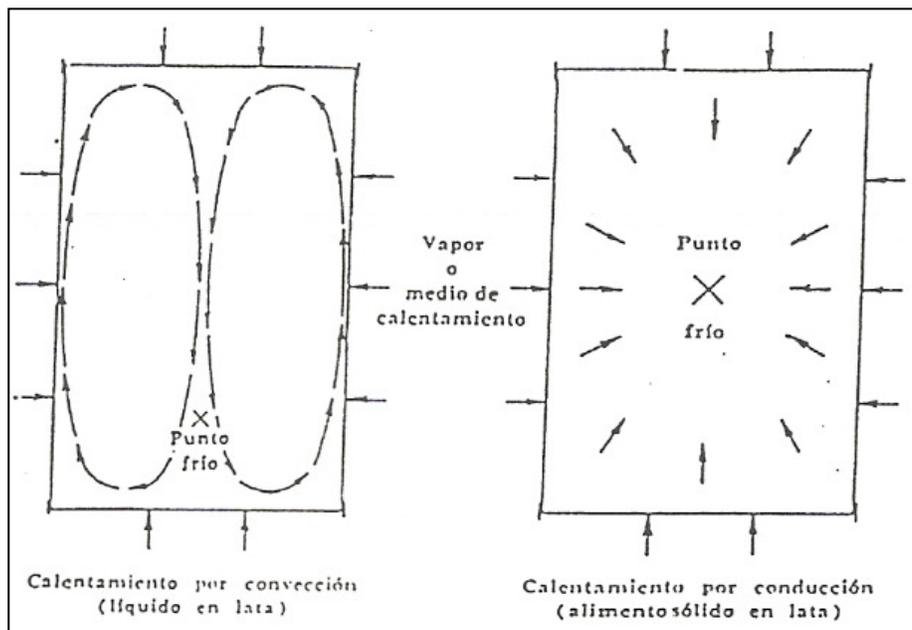
Los alimentos enlatados por convección, tienen mejor oportunidad de sobrevivir el proceso en mejor condición, aquellos por conducción requieren más tiempo.

### 2.7.5.1. Aplicación de calor a un recipiente herméticamente sellado

Al aplicar calor a un recipiente herméticamente sellado, no todos los puntos se encuentran a la misma temperatura. Existe una zona en donde el calentamiento es más lento, la cual se conoce como punto frío del recipiente. Esta es la zona más difícil de esterilizar, esto se debe al retraso en el calentamiento.

En los productos calentados por convección se encuentra sobre el eje vertical cercano al fondo del recipiente; Los productos calentados por conducción, el punto frío se encuentra en el centro de la lata, sobre el eje vertical.

Figura 10. Calentamiento del alimento en una lata



Fuente: VALENZUELA, Ana. *Validación proceso térmico*. p. 11.

Como se mencionó con anterioridad, el método más satisfactorio para medir la penetración de calor son las termocuplas (ver figura 7), están formados por dos alambres de metales disimilares soldados juntos en los extremos. Si los extremos son puestos a diferentes temperaturas, se desarrolla un voltaje capaz de ser medido. De esta manera es posible medir los cambios de temperatura en una lata que esté colocada dentro de una retorta.

Factores que influyen en la penetración de calor en los alimentos enlatados:

- Forma y tamaño de lata
- Consistencia del producto alimenticio
- Reacción del alimento
- Localización de la lata adentro de la retorta
- Agitación
- Temperatura inicial
- Temperatura de la retorta

#### **2.7.6. Tiempo de muerte térmica**

El número de minutos requeridos para destruir un número de organismos a una temperatura específica, se conoce como F. Este valor es utilizado para comparar los valores de esterilización de diferentes procesos.

$$F = \int_0^{\infty} L. dt = \int_0^{\infty} 10^{(\theta - \theta_{Ref})/z}. dt$$

Donde:

$F$ = Tiempo de muerte térmica

$\theta$ = Temperatura

$z$ = Cambio en la temperatura que acompaña un cambio de 10 veces en el tiempo de inactivación de microorganismos

$dt$ = Cambio de temperatura durante el proceso

## **2.8. Evaluación sensorial**

Disciplina científica que evoca, mide, analiza e interpreta las reacciones hacia las características (aroma, sabor, textura, apariencia) de los alimentos y materiales, que pueden ser percibidos con los cinco sentidos; vista, olfato, gusto, tacto y oído.

### **2.8.1. Análisis descriptivo cuantitativo (QDA)**

Prueba sensorial utilizada para establecer numéricamente la intensidad de los descriptores sensoriales que componen una materia prima, producto en proceso o bien producto terminado.

Requiere de panelistas entrenados (14 como mínimo), quienes son escogidos por su habilidad en la discriminación de diferencias en las propiedades sensoriales entre muestras de un producto específico.

El entrenamiento demanda el uso de ingredientes y productos de referencia y la generación de un lenguaje sensorial propio.

### 2.8.1.1. Análisis e interpretación de resultados

El especialista en Ciencia Sensorial revisa los resultados y calcula el promedio de la intensidad de cada descriptor evaluado utilizando el Software 60/40.

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n a_i}{n} = \frac{a_1 + \dots + a_n}{n}$$

Donde:

$\bar{x}$  = Promedio de los valores asignados por los panelistas a cada descriptor evaluado.

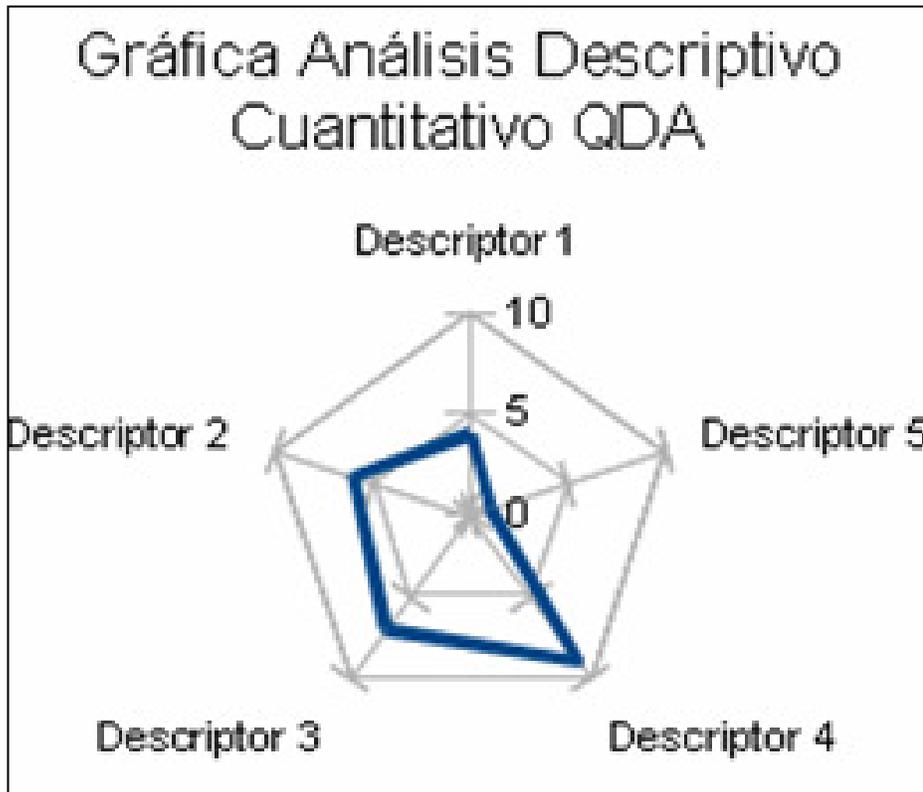
$\sum_{i=1}^n a_i$  = Sumatoria de las calificaciones obtenidas en la escala estructurada.

$n$  = Número de panelistas entrenados evaluados.

El especialista en Ciencia Sensorial deberá realizar el reporte mediante la gráfica obtenida del Software 60/40. Dado que hay una muestra de referencia, ambas gráficas deberán superponerse para poder observar las diferencias en los descriptores de cada muestra.

A continuación se detalla la gráfica a utilizarse (ver figura 11):

Figura 11. **Perfilamiento QDA**



Fuente: Software 60/40.

## 2.9. **Análisis microbiológico: esterilidad comercial**

Es el análisis microbiológico realizado a todo producto que ha sido sometido a un tratamiento térmico, para verificar la destrucción de todos los microorganismos viables de importancia en la salud pública y aquellos capaces de reproducirse en el alimento bajo condiciones normales de almacenamiento (sin refrigeración) y distribución.

### 2.9.1. Procedimiento

- Tomar peso de cada lata e identificarla.
- Las muestras deben estar en incubación por 10 días bien identificadas.
- Tomar peso de la lata.
- Limpiar la lata con un algodón humedecido con alcohol etílico al 95 por ciento.
- Tomar vacío con el vacuómetro.
- Pesar 40 gramos de frijol en una bolsa *whirlpack* y agregarle 180 mililitros de agua peptonada, caseína, mezclar y listo para la siembra.

Tabla III. **Procedimiento de siembra para mesófilos y termófilos anaerobios**

Medio de Cultivo	Siembra	Temperatura (°C)	Tiempo de incubación (días)	Investigación
Caldo hígado	2 tubos con 5 mL de muestra y 3 mL de agar bacteriológico (capa sellante)	37	5 días	Mesófilos anaerobios
Caldo hígado	2 tubos con 5 mL de muestra y 3 mL de agar bacteriológico (capa sellante)	55	3 días	Termófilos anaerobios
Caldo triptona dextrosa	2 tubos con 5 mL de muestra	37	5 días	Mesófilos anaerobios
Caldo triptona dextrosa	2 tubos con 5 mL de muestra	55	3 días	Termófilos anaerobios

Fuente: PÉREZ, Magaly. *Análisis de esterilidad comercial*. p. 3.

### **2.9.2. Interpretación de resultados**

- Si hay crecimiento en los tubos de caldo hígado, la capa sellante sube a la tapadera, de lo contrario el resultado es negativo.
- Si hay crecimiento en los tubos de caldo triptona, el caldo gira a un color amarillo, de lo contrario el resultado es negativo.
- En el caso de tubos de caldo hígado y/o caldo triptona positivo, se pasa la muestra a una caja petri con agar glucosa peptona de caseína por estriado, si es positivo el agar y la muestra gira de un color amarillo. Deberá realizarse una tinción de gram para identificar las bacterias.

### 3. DISEÑO METODOLÓGICO

#### 3.1. Variables

A continuación se presentan las variables a considerar en el trabajo de graduación, obteniendo la respuesta mediante la variable dependiente *Clostridium botulinum* no monitoreable.

Tabla IV. Variables en el trabajo de graduación

No.	Variable	Independiente	Dependiente	Monitoreable	No monitoreable	Respuesta
1	<i>Clostridium botulinum</i>		x		x	x
2	ph	x		x		
3	Presión	x		x		
4	Tiempo		x		x	
5	Temperatura	x		x		
6	Contenido de proteína		x		x	
7	Contenido de fibra		x		x	
8	Propiedades organolépticas		x		x	

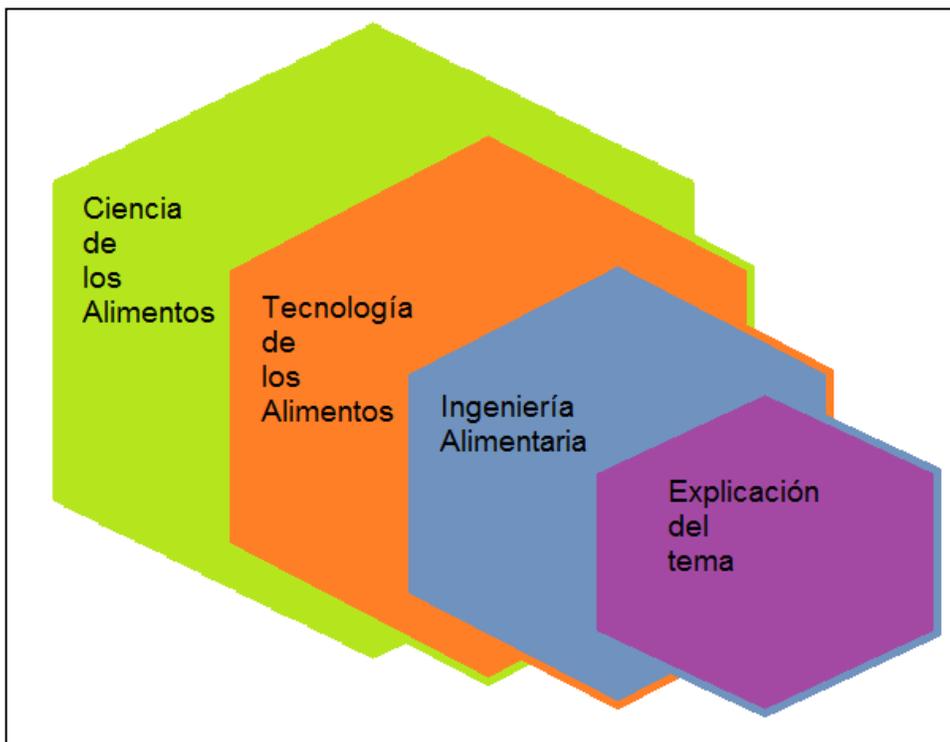
Fuente: elaboración propia.

### 3.2. Delimitación de campo de estudio

El análisis y propuesta de este trabajo se describen a continuación:

- Ciencia de los alimentos
- Aplicación de principios.

Figura 12. **Delimitación campo de estudio**



Fuente: elaboración propia.

#### 3.2.1. Enfoque de investigación

El enfoque del trabajo de graduación es racionalista – deductivo.

### **3.2.2. Nivel de investigación**

El nivel de investigación del trabajo de graduación es experimental – exploratorio.

### **3.2.3. Tipo de investigación**

El tipo de investigación del trabajo de graduación es mixto, ya que incorpora investigación documental con investigación de campo.

### **3.3. Recursos humanos disponibles**

Las personas que colaboraron con el desarrollo del trabajo de graduación son los siguientes:

Tabla V. **Recurso humano disponible**

<b>Descripción del colaborador</b>
Asesor
Especialista del Área de Microbiología
Laboratorio Regional
Jefe de Producción
Tripulación de línea enlatado de frijoles (17 operarios)
Especialista de Evaluación Sensorial
Panel entrenado (14 panelistas)
Revisores de trabajo de graduación
Estudiante investigador

Fuente: elaboración propia.

### 3.4. Recursos materiales disponibles

Para llevar a cabo la evaluación del proceso térmico y análisis de muestras en la fabricación de frijoles enlatados, se requiere de la disponibilidad tanto de recurso humano como material.

#### 3.4.1. Equipo

La tabla VI detalla toda infraestructura, maquinaria y tecnología utilizada para llevar a cabo el proceso y mediciones correspondientes del estudio.

Tabla VI. **Recurso material disponible; equipo**

<b>Descripción de equipo</b>
Línea producción de frijol
Canastas metálicas choque térmico
Campana de extracción
Estufa de cultivo
Esterilizador asas de cultivo
Incubadora 37 °C
Báscula
Termocopla
Termobalanza
Vacuómetro
Abre latas
Bolsas Whirlpack
Incubadora 55 °C
Peachímetro
Potenciómetro
Baño de maría
Autoclave
Báscula
Balanza de precisión

Fuente: elaboración propia.

### 3.4.2. Cristalería

La tabla VII detalla en su mayoría material de vidrio utilizado en laboratorio para análisis microbiológico, preparación de medios y siembra de cultivos.

Tabla VII. **Recurso material disponible; cristalería**

Descripción de cristalería
Vidrio de reloj
Matraz
Beacker 250 ml
Beacker 1000 ml
Varilla de agitación
Cajas petri desechables
Tubos de ensayo
Pipetas
Pipeteador
Asa de cultivo
Gradillas

Fuente: elaboración propia.

### 3.4.3. Reactivos

La tabla VIII nombra los componentes químicos utilizados para el análisis de esterilidad comercial y así poder determinar la presencia o ausencia de *Clostridium botulinum*.

Tabla VIII. **Recurso material disponible, reactivos**

Descripción de Reactivos
Cepa de <i>Clostridium botulinum</i>
Agua desmineralizada
Caldo de hígado
Caldo triptona dextrosa
Agar glucosa peptona de caseína
Agar bacteriológico

Continuación de la tabla VIII.

Agua peptonada caseína
Alcohol etílico

Fuente: elaboración propia.

### 3.5. Técnica cualitativa o cuantitativa

La técnica del trabajo de graduación es mixta (cualitativa y cuantitativa), ya que con los resultados obtenidos de una muestra representativa de una población definida se obtuvieron datos exactos de los parámetros del proceso térmico a implementar.

### 3.6. Recolección y ordenamiento de la información

La recolección y ordenamiento se realiza mediante una estructura coherente, sistematizada y completa como se muestra en la tabla IX.

Tabla IX. **Material y equipo para recolección y ordenamiento de la información**

Descripción
Equipo de cómputo
Programa Microsoft Excel
Impresora
Cartuchos de tinta
Papel
Lapiceros
Calculadora
Programa 60/40

Fuente: elaboración propia.

### 3.6.1. Especificación de producto terminado

Se debe llenar el formato ES-ID-003: Especificación Producto Terminado, mediante el procedimiento interno y lineamientos de la empresa. Los valores en este deberán ser medidos con el equipo interno de la empresa y validados por el jefe de área.

#### 3.6.1.1. Formato especificación producto terminado

Documento interno en el cual se detalla la información completa del producto terminado; material de empaque y embalaje, propiedades fisicoquímicas, organolépticas y nutricionales las cuales el producto deberá cumplir al finalizar el ensayo industrial.

Tabla X. Formado de especificación de producto terminado

<b>FECHA:</b>		<b>PRODUCTO EN LÍNEA:</b>	<input type="text"/>		
<b>PRODUCTO:</b>		<b>PRUEBA INDUSTRIAL:</b>	<input type="text"/>		
<b>MARCA:</b>		<b>CLAVE:</b>			
<b>REGISTRO SANITARIO:</b>	D.G.R.-V.C.S.-D.R.C.A. B-	<b>CÓDIGO INTERNO:</b>			
		<b>Vence:</b>			
<b>PRESENTACIONES</b>					
<b>EMPAQUE</b>	Primario: Secundario: Terciario:				
<b>PREPARACIÓN :</b>					
<b>USOS:</b>					
<b>ESTIBA MÁXIMA</b>					
		<table border="1"><tr><td><i>Exportación</i></td><td><i>Local</i></td></tr></table>	<i>Exportación</i>	<i>Local</i>	
<i>Exportación</i>	<i>Local</i>				
<b>PROPIEDADES FISICOQUIMICAS:</b>					
<b>Humedad</b>					
<b>Acidez (pH) :</b>					
<b>°Brix:</b>					
<b>Defectos naturales:</b>					
<b>Ingredientes :</b>					
<b>Ingredientes Alergénicos:</b>					
<b>Peso neto:</b>					
<b>Variación de contenidos netos:</b>					

Continuación de la tabla X.

	Máximo:	Estándar:	Mínimo:
<b>INFORMACION NUTRICIONAL</b>	<b>TAMANO DE PORCIÓN</b>		
	Cantidad por porción		
	Calorías		
	Calorías provenientes de la grasa		0
			% Valor diario
	Grasa total	0g	0%
	Colesterol	0mg	0%
	Sodio	0mg	0%
	Carbohidratos totales	g	0%
		Azúcares g	
		Fibra dietética 0g	0%
		Proteína	0g
<b>PROPIEDADES ORGANOLEPTICAS:</b>			
<b>Polvo</b>			
<b>Apariencia:</b>			
<b>Sabor / Olor :</b>			
<b>Color:</b>			
<b>PROPIEDADES MICROBIOLÓGICAS:</b>			
<b>Recuento total:</b>		<b>Mohos:</b>	
<b>Coliformes:</b>		<b>Clostridium Botulinum:</b>	
<b>E. Coli:</b>		<b>Salmonella:</b>	
<b>ALMACENAMIENTO Y VIDA ÚTIL:</b>			
<b>MÉTODOS DE DISTRIBUCIÓN:</b>			

Fuente: documento interno, Industria alimenticia.

### 3.6.2. Solicitud prueba industrial

Se debe llenar el formato FO-MA-003: Solicitud de Pruebas Industriales, mediante el procedimiento y lineamientos de la empresa. Este formato y el ES-ID-003: Especificación de Producto Terminado, deberán ser enviados al Área de Procesos de Manufactura para la programación de la prueba industrial.

#### 3.6.2.1. Formato solicitud prueba industrial

Es un documento interno en el cual el área interesada especifica el tipo de prueba, línea o equipo, materia prima y embalaje a utilizar. Este es enviado al Área de Manufactura para ver disponibilidad y fecha de programación

Tabla XI. Formato de solicitud de prueba industrial

FORMATO <b>SOLICITUD DE PRUEBAS INDUSTRIALES</b> CÓDIGO: FO-MA-003		MANUFACTURA						
FECHA DE EMISIÓN 27/01/2010	NO. DE EDICIÓN: 2	FECHA DE EDICIÓN 15/10/2010	PÁGINA: 1 DE 1					
Solicitud de Prueba Industrial								
Fecha de envío de solicitud: _____		Departamento Solicitante: _____						
Nombre del solicitante: _____		Firma electrónica: _____						
Nombre del proyecto: _____								
1. ¿QUE TIPO DE PRUEBA INDUSTRIAL DESEA REALIZAR?								
Mezcla: <input type="checkbox"/>	Material de empaque: <input type="checkbox"/>	Ambas: <input type="checkbox"/>						
2. ¿ CUAL ES EL OBJETIVO DE ESTA PRUEBA INDUSTRIAL?								
Reducción de costos en Material de Empaque:	<table border="1" style="width: 100px; height: 100px;"> <tr><td> </td></tr> <tr><td> </td></tr> <tr><td> </td></tr> <tr><td> </td></tr> <tr><td> </td></tr> </table>							
Reducción de costos en Materia Prima:								
Evaluación de nuevos proveedores:								
Maquinabilidad de nuevos productos:								
Factibilidad de producir nuevas presentaciones:								
Otros: _____ _____								
3. ESCRIBA UN RESUMEN DE LO QUE ESPERA OBTENER EN PRUEBA INDUSTRIAL								
_____ _____								

Continuación de la tabla XI.

4. LLENAR LOS SIGUIENTES CAMPOS, EN CASO DE REQUERIR MEZCLA	
Que tipo de Mezcla desea Generar :	_____
Número de fórmula: _____	Número de Ensayo: _____
Nombre del Proveedor de materias primas:	_____
Cantidad de mezcla a realizar:	
<b>OTROS:</b> _____	Requerimiento especial <input type="text"/>
Justifique su requerimiento:	_____
<b>Al terminar la prueba industrial, ¿Indicar que debemos hacer con el producto generado?</b>	
Autorizo a desechar la mezcla generada en prueba industrial:	<input type="text"/>
Autorizo remezclar la mezcla generada en prueba industrial:	<input type="text"/>
Autorizo liberar el producto generado en prueba industrial para la venta inmediata:	<input type="text"/>
Enviar el producto generado en la prueba industrial al área del solicitante:	<input type="text"/>
5. LLENAR LOS SIGUIENTES CAMPOS, EN CASO DE UTILIZAR MATERIAL DE EMPAQUE	
Material de Empaque a Utilizar:	M.E. de línea <input type="text"/> M.E. Nuevo <input type="text"/>
Tipo de Material de Empaque:	_____
Nombre del Proveedor que proporciona el Material de Empaque:	_____
Número de Cuenta en caso de ser necesario y/o requerir materiales de línea:	_____
Descripción del Número de Cuenta:	_____
6. LLENAR LOS SIGUIENTES CAMPOS ADICIONALES	
Indique la máquina donde desea realizar la prueba industrial:	_____ 1
Cantidad de sobres requeridos para vida de anaquel:	_____
Tipo de prioridad:	Alta <input type="text"/> Media <input type="text"/> Baja <input type="text"/>
<b>¿ALGUNA OTRA ESPECIFICACION QUE USTED CREA NECESARIA CONSIDERAR EN EL DESARROLLO DE LA PRUEBA INDUSTRIAL?</b>	
_____	
_____	

Fuente: documento interno, Industria alimenticia.

### 3.6.3. Programación de prueba industrial

El Área de Procesos de Manufactura, al tener la información completa; FO-MA-003: Solicitud de Pruebas Industriales y ES-ID-003: Especificación de Producto Terminado, deberán programar la prueba industrial. Deben registrarse mediante el procedimiento interno, notificando así al solicitante y a las áreas involucradas (Planificación, Producción y Microbiología).

#### 3.6.3.1. Formato programación de pruebas industriales

Documento interno elaborado por el Área de Manufactura, el cual detalla bajo qué condiciones se realizará la prueba; objetivo, fecha, hora, máquina, tripulación, responsables y tiempo de duración estimado.

Tabla XII. Formato de programa de pruebas industriales

		FORMATO <b>PROGRAMA DE PRUEBAS INDUSTRIALES</b> CÓDIGO: FO-MA-002		MANUFACTURA					
Fecha de Emisión: 17/12/09		No. De Edición:		Fecha de Edición: 17/12/09					
				Página 1 de 1					
<b>PLANTA INCOSA CHIMALTENANGO (SEMANA )</b>									
No.	Prueba	Código	Fecha	Hora	Máquina	Tripulación	Substancia	Depda	Tiempo Estimado

Fuente: documento interno, Industria alimenticia.

### 3.7. Tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información

Procedimiento interno elaborado por el Área de Manufactura, el cual detalla bajo qué condiciones se realizará la prueba; objetivo, fecha, hora, máquina, tripulación, responsables y tiempo de duración estimado.

#### 3.7.1. Formato reporte prueba industrial

Documento interno utilizado para especificar variables fisicoquímicas y operacionales, comportamiento y maquinabilidad del producto durante la prueba.

Tabla XIII Formato de control y registro de prueba industriales

FORMATO CONTROL Y REGISTRO DE PRUEBAS INDUSTRIALES CÓDIGO: FO-MA-001		MANUFACTURA																																	
FECHA DE EMISIÓN 13/02/2009	NO. DE EDICIÓN: 1	FECHA DE EDICIÓN 09/03/2010																																	
		PÁGINA: 1 DE 1																																	
FECHA DE REALIZACIÓN DE PRUEBA: _____																																			
PRUEBA: _____																																			
OBJETIVO: _____																																			
MÁQUINA: _____																																			
OPERADOR: _____																																			
SUPERVISOR: _____																																			
MECÁNICO: _____																																			
PRODUCTO A EMPACAR: _____																																			
PROVEEDOR: _____																																			
LATAS PRODUCIDAS: _____																																			
MARCA DE SELLADORA: _____																																			
TRIPULACIÓN EN PRUEBA: _____																																			
TIEMPO DE LIMPIEZA DE MÁQUINA: _____																																			
TIEMPO DE AJUSTES MECÁNICOS: _____																																			
TIEMPO DE AJUSTES OPERATIVOS: _____																																			
TIEMPO DE CORRIDA EN MÁQUINA: _____																																			
TIEMPO DE AJUSTE A ESTADO INICIAL: _____																																			
<b>TIEMPO TOTAL DE PRUEBA INDUSTRIAL: _____</b>																																			
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th colspan="8">EMBUDOS</th> </tr> <tr> <th>1</th><th>2</th><th>3</th><th>4</th><th>5</th><th>6</th><th>7</th><th>8</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td> </tr> </tbody> </table>		EMBUDOS								1	2	3	4	5	6	7	8									<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th colspan="3">FORMATO DE EMPAQUE</th> </tr> <tr> <th>PAQUETE</th><th>LATAS</th><th>PESO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> </td><td> </td><td> </td> </tr> </tbody> </table>	FORMATO DE EMPAQUE			PAQUETE	LATAS	PESO			
EMBUDOS																																			
1	2	3	4	5	6	7	8																												
FORMATO DE EMPAQUE																																			
PAQUETE	LATAS	PESO																																	
<p><u>ASPECTOS DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN</u></p> <p>TEMPERATURA DE COCINADOR Y RETORTA:</p> <p>COCINADOR (°F): _____</p> <p>RETORTA (°F): _____</p> <p>VELOCIDAD DE SELLADORA:</p> <p>TEÓRICA: _____</p> <p>DOSIFICACIÓN:</p> <p>EMBUDO 1: _____</p> <p style="text-align: right;">REAL: _____</p>																																			

Continuación de la tabla XIII.

RESULTADOS DE LA PRUEBA:	
ASPECTOS	OBSERVACIONES
MAQUINABILIDAD	
AJUSTE MECÁNICOS	
% DE DESPERDICIO	
OBSERVACIONES	
CONCLUSIONES	
RECOMENDACIONES	

RESULTADO FINAL:     APROBADO     NO APROBADO

Fuente: documento interno, Industria alimenticia.

### 3.7.2. Formato resultado análisis microbiológico

Documento interno utilizado para reportar los valores obtenidos en el análisis microbiológico realizado a los productos que fueron sometidos a un tratamiento térmico.



Tabla XV. **Formato de resultado de análisis nutricional**

Laboratorio Especial de Aseguramiento de la Calidad		<b>REPORTE DE ANALISIS</b>		Reporte Número:
		Final		Fecha de envío:
				Fecha de recepción:
				Tipo de muestra
				Origen:
Muestra		Receta	Lote/Identificación	Referencia Interna SQAL
Pais de origen		Proveedor		Número de especificación
Análisis	Unidades	Resultado	Método	

Fuente: documento interno, Industria alimenticia.

### 3.7.4. **Formato evaluación sensorial QDA**

Documento interno utilizado por los panelistas entrenados, mediante el cual evalúan la intensidad de las propiedades organolépticas de la muestra en una escala de 10 puntos.

Tabla XVI. **Formato de papeleta de análisis descriptivo cuantitativo QDA**

FORMATO PAPELETA ANALISIS DESCRIPTIVO CUANTITATIVO QDA FO-ID-042		Investigación & Desarrollo									
Fecha de Emisión: 28/06/2010	No. De Edición: 01	Fecha de Edición: 28/06/2010	Página 1 de 1								
Nombre: _____		No. de Panelista <input style="width: 50px; height: 20px;" type="text"/>									
Departamento: _____											
Fecha: _____											
Instrucciones: A continuación se le presenta una muestra con sabor a _____ : califique en un rango de 1-10 la intensidad del atributo señalado.											
<b>Atributo 1</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Ausencia	----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- -----										Muy fuerte
<b>Atributo 2</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Ausencia	----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- -----										Muy fuerte
<b>Atributo 3</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Ausencia	----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- -----										Muy fuerte
<b>Atributo 4</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Ausencia	----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- -----										Muy fuerte
<b>Atributo 5</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Ausencia	----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- -----										Muy fuerte
<b>Atributo 6</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Ausencia	----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- -----										Muy fuerte
<b>Atributo 7</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Ausencia	----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- -----										Muy fuerte
Muchas Gracias!!											

Fuente: documento interno, Industria alimenticia.

### 3.7.5. Formato resultado evaluación sensorial

Documento interno utilizado para reportar los valores obtenidos en la evaluación sensorial QDA mediante el Software 60/40.

Tabla XVII. **Formato de resultado de análisis descriptivo cuantitativo QDA**

FORMATO RESULTADO ANALISIS DESCRIPTIVO CUANTITATIVO QDA FO-ID-043		INVESTIGACION & DESARROLLO									
Fecha de Emisión : 28/06/2010	No. de Edición: 01	Fecha de Edición: 28/06/2010									
		Página 1 de 1									
<b>CODIGO:</b> _____ <b>SOLICITANTE:</b> _____ <b>FECHA:</b> _____ <b>MUESTRAS EVALUADAS:</b> A = _____ B = _____ <b>RAZÓN DE LA PRUEBA:</b> _____ _____											
<b>HO. DE PANELISTAS ENTRENADOS:</b> _____ <b>RESULTADOS:</b>											
<b>Tabla No.1 Valor Promedio del Atributo Evaluado</b>											
<table border="1" style="margin: auto;"> <thead> <tr> <th style="width: 40%;">ATRIBUTO/DESCRIPTOR EVALUADO</th> <th style="width: 20%;">(Control)</th> <th style="width: 20%;">(Muestra)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </tbody> </table>			ATRIBUTO/DESCRIPTOR EVALUADO	(Control)	(Muestra)						
ATRIBUTO/DESCRIPTOR EVALUADO	(Control)	(Muestra)									
<b>Gráfica No.1 Perfil de Sabor</b> <b>Gráfica 1</b>											
_____ <b>Especialista Evaluación Sensorial</b>	_____ <b>Gerente I&amp;D</b>										

Fuente: documento interno, Industria alimenticia.

### 3.8. Análisis estadístico

Es necesario realizar un estudio estadístico cuando el fenómeno que desea evaluarse requiera describir aspectos o características de la realidad de manera local o global, pero que la descripción de estas características no sea típica de un solo elemento de la población sino que lo sean de la población misma.

#### 3.8.1. Tamaño de la muestra

Para el cálculo de la muestra de latas a analizar se utilizó la fórmula para el universo finito.

La cifra del universo del grupo a investigar y los criterios de diseño son presentados a continuación:

$$n = \frac{z^2 * N * p * q}{E^2 * (N - 1) + (z^2 * p * q)}$$

Donde:

- n = tamaño de la muestra
- N = tamaño del universo
- p = probabilidad de ocurrencia de un evento
- q = probabilidad de no ocurrencia de un evento
- E = error de muestreo o error probabilístico de las estimaciones
- z = nivel de confianza

### 3.8.1.1. Criterios de diseño

La validez del análisis estadístico depende mucho de la eficiencia de la prueba estadística empleada y los criterios de diseño seleccionados para su realización.

A continuación se presentan los criterios de diseño seleccionados (ver tabla XVIII).

Tabla XVIII. Criterios de diseño

Descripción	Porcentaje (%)
Z	95,5
E	± 7
p	50
q	50

Fuente: elaboración propia.

### 3.8.1.2. Determinación del valor estadístico de la curva normal de frecuencias

A continuación se realizan los cálculos para determinar el valor Z correspondiente al 95,5 por ciento utilizando un error del 7 por ciento.

$$\frac{0,995}{2} = 0,477$$

Al buscar dicho valor en la tabla: distribución de probabilidad estándar, se obtiene un valor estadístico de la curva normal de frecuencias de 2.

Figura 13. **Distribución de probabilidad estándar**

Z	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	0.0000	0.0040	0.0080	0.0120	0.0160	0.0199	0.0239	0.0279	0.0319	0.0359
0.1	0.0398	0.0438	0.0478	0.0517	0.0557	0.0596	0.0636	0.0675	0.0714	0.0753
0.2	0.0793	0.0832	0.0871	0.0910	0.0948	0.0987	0.1026	0.1064	0.1103	0.1141
0.3	0.1179	0.1217	0.1255	0.1293	0.1331	0.1368	0.1406	0.1443	0.1480	0.1517
0.4	0.1554	0.1591	0.1628	0.1664	0.1700	0.1736	0.1772	0.1808	0.1844	0.1879
0.5	0.1915	0.1950	0.1985	0.2019	0.2054	0.2088	0.2123	0.2157	0.2190	0.2224
0.6	0.2257	0.2291	0.2324	0.2357	0.2389	0.2422	0.2454	0.2486	0.2517	0.2549
0.7	0.2580	0.2611	0.2642	0.2673	0.2704	0.2734	0.2764	0.2794	0.2823	0.2852
0.8	0.2881	0.2910	0.2939	0.2967	0.2995	0.3023	0.3051	0.3078	0.3106	0.3133
0.9	0.3159	0.3186	0.3212	0.3238	0.3264	0.3289	0.3315	0.3340	0.3365	0.3389
1.0	0.3413	0.3438	0.3461	0.3485	0.3508	0.3531	0.3554	0.3577	0.3599	0.3621
1.1	0.3643	0.3665	0.3686	0.3708	0.3729	0.3749	0.3770	0.3790	0.3810	0.3830
1.2	0.3849	0.3869	0.3888	0.3907	0.3925	0.3944	0.3962	0.3980	0.3997	0.4015
1.3	0.4032	0.4049	0.4066	0.4082	0.4099	0.4115	0.4131	0.4147	0.4162	0.4177
1.4	0.4192	0.4207	0.4222	0.4236	0.4251	0.4265	0.4279	0.4292	0.4306	0.4319
1.5	0.4332	0.4345	0.4357	0.4370	0.4382	0.4394	0.4406	0.4418	0.4429	0.4441
1.6	0.4452	0.4463	0.4474	0.4484	0.4495	0.4505	0.4515	0.4525	0.4535	0.4545
1.7	0.4554	0.4564	0.4573	0.4582	0.4591	0.4599	0.4608	0.4616	0.4625	0.4633
1.8	0.4641	0.4649	0.4656	0.4664	0.4671	0.4678	0.4686	0.4693	0.4699	0.4706
1.9	0.4713	0.4719	0.4726	0.4732	0.4738	0.4744	0.4750	0.4756	0.4761	0.4767
2.0	0.4772	0.4778	0.4783	0.4788	0.4793	0.4798	0.4803	0.4808	0.4812	0.4817
2.1	0.4821	0.4826	0.4830	0.4834	0.4838	0.4842	0.4846	0.4850	0.4854	0.4857
2.2	0.4861	0.4864	0.4868	0.4871	0.4875	0.4878	0.4881	0.4884	0.4887	0.4890
2.3	0.4893	0.4896	0.4898	0.4901	0.4904	0.4906	0.4909	0.4911	0.4913	0.4916
2.4	0.4918	0.4920	0.4922	0.4925	0.4927	0.4929	0.4931	0.4932	0.4934	0.4936
2.5	0.4938	0.4940	0.4941	0.4943	0.4945	0.4946	0.4948	0.4949	0.4951	0.4952

Fuente: <https://encrypted-tbn3.gstatic.com>. Consulta: junio 12 de 2013.

El 47,7 por ciento del área bajo la curva normal se encuentra entre la ordenada máxima y un punto alejado 2 unidades de desviación estándar.

### 3.8.2. Cálculo del tamaño de la muestra microbiológica

Los procedimientos internos indican que la cepa de *Clostridium botulinum* deberá ser cultivada en 20 muestras, las cuales se distribuyen en diferentes puntos de la autoclave.

Para determinación de muestreo microbiológico de los microorganismos patógenos, los valores obtenidos con anterioridad se proceden a sustituirse en la fórmula descrita en el inciso 3.8.1.

$$n = \frac{2^2 * 430 * 0,50 * 0,50}{0,07^2 * (430 - 1) + (2^2 * 0,50 * 0,50)} = 138,7$$

El resultado del tamaño muestral corresponde por aproximación a 139 latas.

### **3.8.3. Cálculo tamaño de muestra análisis nutricional**

El laboratorio de la Industria Alimentaria estudiada, es el único de la región que cuenta con el equipo necesario para la medición de fibra.

Las normativas internas establecen que es aceptable un muestreo de 5 unidades.



## 4. RESULTADOS

Los resultados obtenidos en la evaluación del proceso térmico para la fabricación de frijoles enlatados con alto contenido de fibra y proteína, asegurando la ausencia de *Clostridium botulinum* y contenido nutricional se detallan a continuación:

Tabla XIX. **Reformulación frijoles negros**

Descripción	Porcentaje (%)
Fibra soluble (Polidextrosa)	2,00
Proteína (Soya)	2,00
Ácido cítrico	1,26

Fuente: elaboración propia.

Tabla XX. **Valor teórico de pH para inhibir crecimiento de *Clostridium botulinum***

pH
≤ 4,8

Fuente: Fundación de Ciencia y Educación. *Alimentos enlatados*. p. 16.

Tabla XXI. **Variación pH en reformulación**

		pH	Reducción pH (%)
Descripción	Frijol negro volteado actual	6,2	9,68%
	Frijol negro volteado reformulación	5,6	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXII. **Resultados cálculo de parámetros de control para proceso térmico**

Descripción	Valor
Presión	2,1 Bar
Temperatura	121,1 °C
Tiempo	95 min
Z	10

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIII. **Análisis nutricional posproceso térmico; fibra soluble**

No. de muestra	Fibra soluble (mg/100g)	Desviación estándar
1	1 920,00	4,61
2	1 770,34	
3	1 990,00	
4	1 890,96	
5	1 997,88	

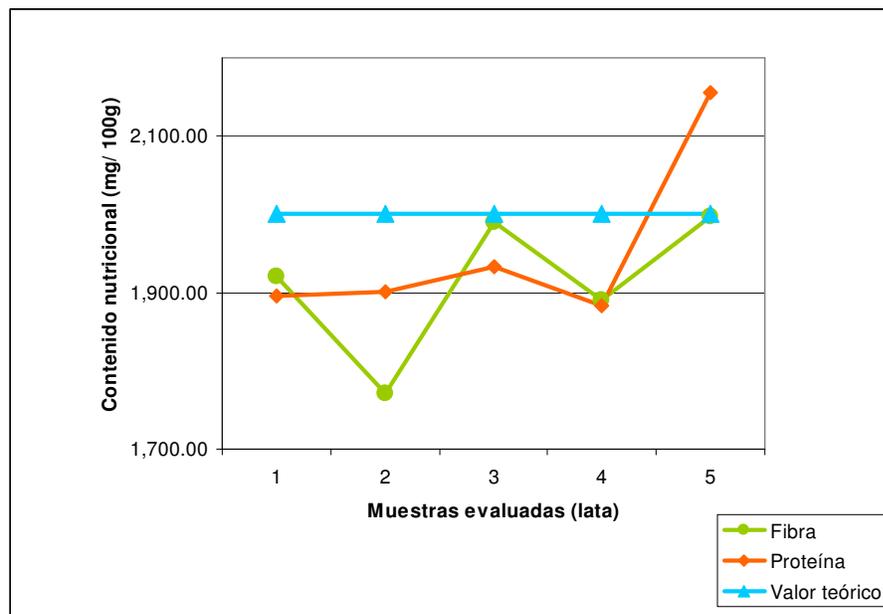
Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIV. **Análisis nutricional posproceso térmico, proteína**

No. de muestra	Proteína (mg/ 100g)	Desviación estándar
1	1 895,40	5,70
2	1 900,72	
3	1 932,90	
4	1 883,64	
5	2 154,82	

Fuente: elaboración propia.

Figura 14. **Variaciones en el resultado del análisis nutricional**



Fuente: elaboración propia.

Tabla XXV. **Parámetros teóricos de doble sello**

Rango	Espesor	Altura C.	Counter Sink	Gancho cuerpo	Gancho tapa	Traslape
Mínimo (")	0,045	0,1	0,12	0,071	0,071	0,039
Máximo (")	0,06	0,12	0,135	0,094	0,094	0,062

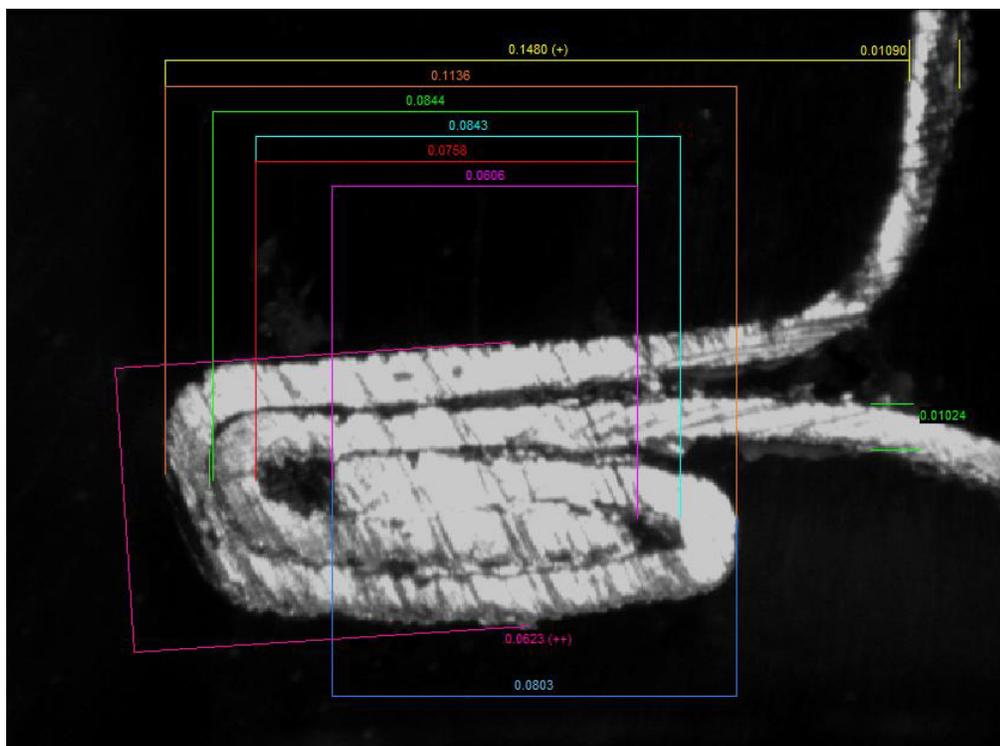
Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVI. **Evaluación de doble sello**

	Espesor (")	Altura C. (")	Counter Sink (")	Gancho cuerpo (")	Gancho tapa (")	Traslape (")
	0,0623	0,1136	0,148	0,0814	0,0803	0,0575
	0,0609	0,1093	0,1483	0,079	0,0763	0,0556
	0,0625	0,1116	0,1433	0,0804	0,0743	0,0546
	0,0607	0,1073	0,1443	0,0794	0,0757	0,0575
	0,0588	0,1177	0,1441	0,0754	0,0805	0,0475
	0,0649	0,12	0,1398	0,0873	0,0886	0,0658
	0,062	0,1099	0,1394	0,0805	0,0724	0,0536
	0,0615	0,1122	0,1383	0,0792	0,0753	0,0536
<b>Promedio</b>	0,0617	0,1127	0,1432	0,0803	0,0779	0,0557
<b>Desviación estándar</b>	0,0017	0,0043	0,0038	0,0033	0,0051	0,0052

Fuente: elaboración propia.

Figura 15. **Scanner doble sello**



Fuente: Industria alimenticia; Km. 50,2 Carretera Interamericana, El Tejar, Chimaltenango, Guatemala.

Tabla XXVII. **Resultados microbiológicos**

	<b>Recuento total</b>	<b>Coliformes</b>		<b><i>Clostridium botulinum</i></b>
	<i>Aeróbico mesófilo</i>	<i>Totales</i>	<i>E. Coli</i>	
<b>100%</b>	Negativo	Ausencia		Ausencia

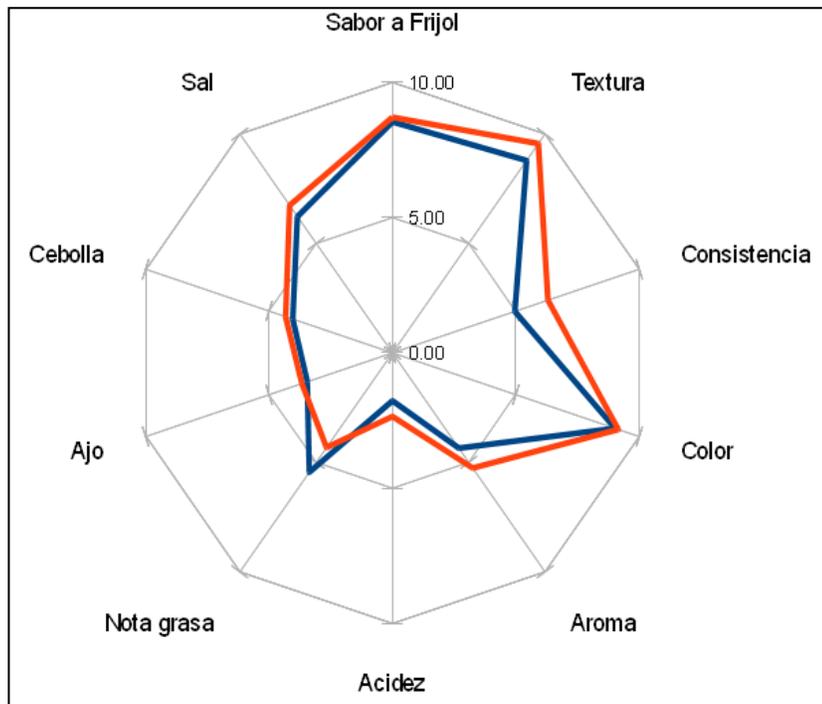
Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVIII. **Resultado perfilamiento de sabor (QDA) frijol negro**

Atributo evaluado	Fórmula actual de línea	Fórmula con contenido nutricional
Sabor a frijol	8,54	8,71
Sal	6,23	6,74
Cebolla	4,04	4,33
Ajo	3,45	3,67
Nota grasa	5,45	4,32
Acidez	1,77	2,35
Aroma	4,35	5,26
Color	9,02	9,15
Consistencia	4,96	6,30
Textura	8,79	9,56

Fuente: elaboración propia.

Figura 16. **Gráfica perfilamiento de sabor (QDA) frijol negro**



Fuente: elaboración propia.

## 5. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

El objetivo general del trabajo previamente descrito, busca asegurar la ausencia del microorganismo *Clostridium botulinum* en la formulación de frijol negro con alto contenido de fibra y proteína mediante un proceso térmico de esterilización, no afectando así las propiedades nutricionales a declarar en la etiqueta.

Dado que el *Clostridium botulinum* es un microorganismo que puede sobrevivir a diferentes condiciones físicas, químicas y térmicas se propusieron diferentes alternativas para inhibir su crecimiento.

Por esta razón se realizó una nueva formulación, la cual difiere de la receta original en su contenido de fibra, proteína y ácido cítrico (grado alimenticio). La teoría bacteriológica del *Clostridium botulinum* indica que este no crecerá en medios de baja acidez; con un pH menor o igual a 4,8.

Buscando disminuir el valor de pH en la receta original de 6,2, se realizó la propuesta de agregar a la receta un componente químico que redujera el valor de pH sin alterar las propiedades organolépticas del producto. El ácido cítrico es uno de los ácidos más utilizados por la industria alimentaria por su solubilidad, fácil manejo, aporte organoléptico y bajo costo.

En la reformulación de frijol negro volteado adicional al contenido de proteína y fibra tiene un 1,26 por ciento de ácido cítrico, obteniendo un valor de pH final de 5,6 reduciendo un 9,68 por ciento el valor original.

Para los frijoles negros volteados enlatados convencionalmente se diseñó un tratamiento térmico y se establecieron los parámetros de control basados en: el comportamiento del producto al someterlo a calentamiento, niveles mínimos de temperatura para la desnaturalización de la fibra y proteína, la resistencia térmica de los microorganismos que se desean inhibir para garantizar la esterilidad comercial y características físicas del envase (altura, diámetro y espesor de la lata).

Dado que este es un producto nuevo, es de suma importancia realizar un estudio con envases inoculados. En este procedimiento, el frijol negro volteado se realiza en condiciones comerciales normales con la variante de adicionar al producto la cepa de *Clostridium botulinum*.

El establecimiento de la temperatura óptima, tiempo y presión del proceso se lograron mediante el cálculo teórico (tiempo de muerte térmica) y la realización de una prueba confirmatoria. Los parámetros resultado de los cálculos realizados establecen un proceso térmico a una presión de 2,1 bares a 121,1 grados centígrados durante 95 minutos.

La metodología utilizada para enlatar los frijoles negros volteados es conocida como: enlatado convencional, en esta el producto se envasa, se sella y posteriormente el envase es sometido al calor.

El sellado de la lata es un punto crítico que debe controlarse durante el proceso. Sin un sello de alta calidad, el producto está expuesto a contaminarse (infiltración de agua y/o aire) y el envase sujeto a deformación. La técnica de sellado: doble sello fue seleccionada por sus propiedades, ya que une el cuerpo de la lata con la tapa y entrelaza la pestaña del cuerpo y de la tapa, formando así una estructura mecánica fuerte.

Posterior al sellado, tratamiento térmico y enfriamiento, se llevaron a cabo las evaluaciones del doble sello, obteniendo resultados positivos. La primera confirmación del resultado es que los escáner de gancho de cuerpo (0,0803 pulgadas), gancho de tapa (0,779 pulgadas) y traslape (0,0557 pulgadas) presentan resultados promedio dentro el rango teórico, con desviaciones estándar menor a 0,01.

La segunda confirmación se tiene con los resultados del Área Microbiológica. Es importante resaltar lo siguiente: los resultados son negativos o ausencia tanto para recuento total, coliformes y *Clostridium botulinum* cuales denotan esterilidad comercial.

Los parámetros establecidos para el proceso térmico (esterilización) garantizan la ausencia de *Clostridium botulinum* en el producto terminado y la técnica de doble sello asegura la preservación del alimento posterior al pasteurizado y enfriamiento de las latas.

El presente trabajo ambiciona asegurar la ausencia de *Clostridium botulinum* y garantizar el contenido nutricional (fibra y proteína) adicionada con fines nutricionales.

Las latas de frijol negro, para evaluación nutricional de fibra y proteína fueron escogidas al azar. El único condicionamiento para su selección fue su ubicación dentro de la autoclave, tomando en cuenta las áreas de mayor y menor velocidad de calentamiento. Los resultados obtenidos del análisis nutricional, contenido de fibra y proteína en el producto terminado demuestran que ambas propiedades no sufrieron desnaturalización por el proceso térmico.

Los resultados de la fibra varían desde 1 770,34 hasta 1997,88 miligramos por cada 100 gramos y los valores de proteína varía desde 1 883,64 hasta 2 154,82 miligramos por cada 100 gramos con una desviación estándar de 4,61 y 5,70 respectivamente. Las propiedades nutricionales: fibra y proteína están presentes en el producto terminado. Sin embargo, los valores tienen una amplia variación respecto al valor teórico 2 000 miligramos por cada 100 gramos. Derivado de éstos resultados puede identificarse un problema en la homogenización de la mezcla, ya que los valores varían significativamente entre latas.

Este hallazgo debe considerarse para mejorar el tiempo de mezclado en el proceso y así obtener resultados uniformes. Respecto a regulaciones aplicables de ley, este producto sí puede comercializarse, ya que todos los resultados cumplen con el 80 por ciento del valor declarado en la etiqueta.

La evaluación sensorial se llevó a cabo hasta tener los resultados microbiológicos, garantizando la inocuidad del producto y así no poner en riesgo la salud del panelista.

La prueba sensorial seleccionada fue: QDA Perfilamiento de sabor, ya que esta metodología considera que ambas muestras evaluadas son semejantes más no iguales. Ya que las fórmulas difieren una de la otra en cuanto al contenido de fibra, proteína, ácido cítrico y agua.

Los panelistas entrenados evaluaron por separado la receta original y la reformulación de frijol negro volteado y determinaron la intensidad del atributo evaluado en la escala preestablecida. Cuando la diferencia en el valor del atributo evaluado excede a la unidad, existe una diferencia significativa (percibida sensorialmente).

Los atributos evaluados son establecidos al realizar una composición del alimento. Los descriptores del frijol negro volteado son: sal, sabor frijol, textura, consistencia, color, aroma, acidez, nota grasa, ajo y cebolla. Los panelistas percibieron una diferencia significativa en la nota grasa (1,13) y consistencia (1,34). Esto se debe a que al modificar la composición de la receta y al adicionar nuevas materias primas en un producto, éstas pueden afectar o no sus propiedades organolépticas, en este caso la adición de fibra y menor contenido de agua sí es percibido mientras que la acidez no.

Los parámetros seleccionados para llevar a cabo el proceso térmico no afectan la inocuidad, las propiedades nutricionales ni organolépticas del producto.



## CONCLUSIONES

1. La adición de 1,26 por ciento de ácido cítrico a la fórmula de frijol negro con alto contenido nutricional (fibra y proteína), modifica el valor de pH a 5,6, disminuyendo un 9,68 por ciento su valor respecto a la receta original.
2. Se obtienen mejores resultados cuando el proceso térmico se lleva a cabo a una temperatura de 121,1 grados centígrados, una presión de 2,1 bares durante 95 minutos, parámetros de control obtenidos utilizando la ecuación tiempo de muerte térmica.
3. Los resultados del análisis microbiológico: esterilidad comercial realizados a las muestras de frijol negro volteado con alto contenido nutricional: aeróbico mesófilo (negativo), coliformes totales y *Escherichia coli* (ausencia) aseguran la ausencia de *Clostridium botulinum*.
4. Los resultados obtenidos del análisis nutricional realizado a las muestras de frijol negro volteado posproceso térmico, evidencian que las propiedades nutricionales añadidas no sufrieron desnaturalización ni inactivación. Presentando una desviación estándar de 4,61 por ciento para fibra y 5,70 por ciento para proteína.

5. Los resultados obtenidos de la evaluación del sello doble a la lata (desviación estándar de 0,0051 y 0,0052 para gancho tapa y traslape respectivamente) y evaluación microbiológica al frijol negro volteado (ausencia absoluta de coliformes totales y *Escherichia coli*); ambos como producto terminado, demuestran que no hay una contaminación cruzada posterior al proceso de pasteurización. Reflejando así que la metodología de sello doble es funcional.
  
6. El perfilamiento comparativo de sabor QDA para los frijoles negros volteados actuales versus frijoles negros con alto contenido nutricional denota un comportamiento similar en los atributos evaluados; con diferencia significativa únicamente en menor nota grasa y mayor consistencia. Las propiedades organolépticas del producto no fueron perjudicadas por los parámetros establecidos en el proceso

## RECOMENDACIONES

1. Realizar un estudio de vida de anaquel acelerada mediante cámaras de temperatura y humedad controlada a las latas de frijol negro volteado obtenidas del proceso industrial. Evaluando mensualmente durante 18 meses (vida de anaquel actual del producto) el contenido nutricional y propiedades organolépticas de la misma, para garantizar al consumidor que las propiedades declaradas en la etiqueta y sus atributos sensoriales están presentes en la lata hasta finalizar la vida útil del producto.
2. Realizar una prueba a nivel industrial para evaluar el aumento en el tiempo de mezclado. La desviación estándar que presentan los resultados obtenidos en el análisis nutricional reflejan problemas de homogeneidad en la masa de frijol cocido.



## BIBLIOGRAFÍA

1. DERGAL BAUDI, Salvador. *Química de los alimentos*. 4a ed. México: Pearson Educación: 2001. 452 p.
2. Fundación de Ciencia y Educación de la GMA. *Alimentos enlatados*. 7a ed. México: Fundación Ciencia y Educación, 2004. 156 p.
3. GILLIES, R.R.; DODDS, T.C. *Bacteriology Illustrated*. Edinburgh y London: E&S Living Stone LTD, 1965. 489 p.
4. HOLMAN, J.P. *Transferencia de calor*. 8a ed. España: McGraw-Hill, 2010. 423 p.
5. Ministerio de Economía, Comisión Guatemalteca de Normas (COGUANOR). *Normas NGO 34 150 Especificaciones frijol volteado en pasta*. 2009. 6 p.
6. Ministerio de Economía. *Compendio de la Comisión Guatemalteca de Normas* [en línea]. <http://www.coguanor.gob.gt/>. [Consulta: agosto de 2012].
7. PÉREZ, Magaly. *Análisis de esterilidad comercial*. Documento interno de Industria Alimenticia. 2012. 6 p.
8. SALLE, A.J. *Bacteriología. Edición Norteamericana*. Barcelona: Gustavo Gili. 2004. 470 p.

9. STRUTHERS, Keith; WESTRAN, Roger. *Bacteriología Clínica*. Edinburgh, Londres: Masson, 2005. 650 p.
10. STUMBO, C.R.; PUROHIT, K.S.; RAMAKRISHNAN, T.V. *Journal of food science*. London: E&S Living Stone LTD, 2004. 1 423 p.
11. U.S. Food and Droug Administration [en línea]. Estados Unidos de Norteamérica, 2012. <http://www.fda.gov/default.htm>. [Consulta: agosto de 2012].
12. VALENZUELA, Ana. *Validación del proceso térmico*. Documento interno de Industria Alimenticia. 2012. 11p.
13. ZINSSER, Hans. *Bacteriología de Zinsser*. 2a ed. México. Hispano Americana, 1996. 584 p.
14. ZOTTOLA, Edmundo; WOLF, Isabel; LARSON, Karen; et al. *Home canning of food*. Michigan: Institute of food technologists. 2010. 1 954 p.

## APÉNDICES

### Apéndice 1. Imágenes del proceso térmico y sellado en línea

**Doble sello en línea**



**Sellado en línea**



Continuación del apéndice 1.

### Arreglo de latas en canasta metálica

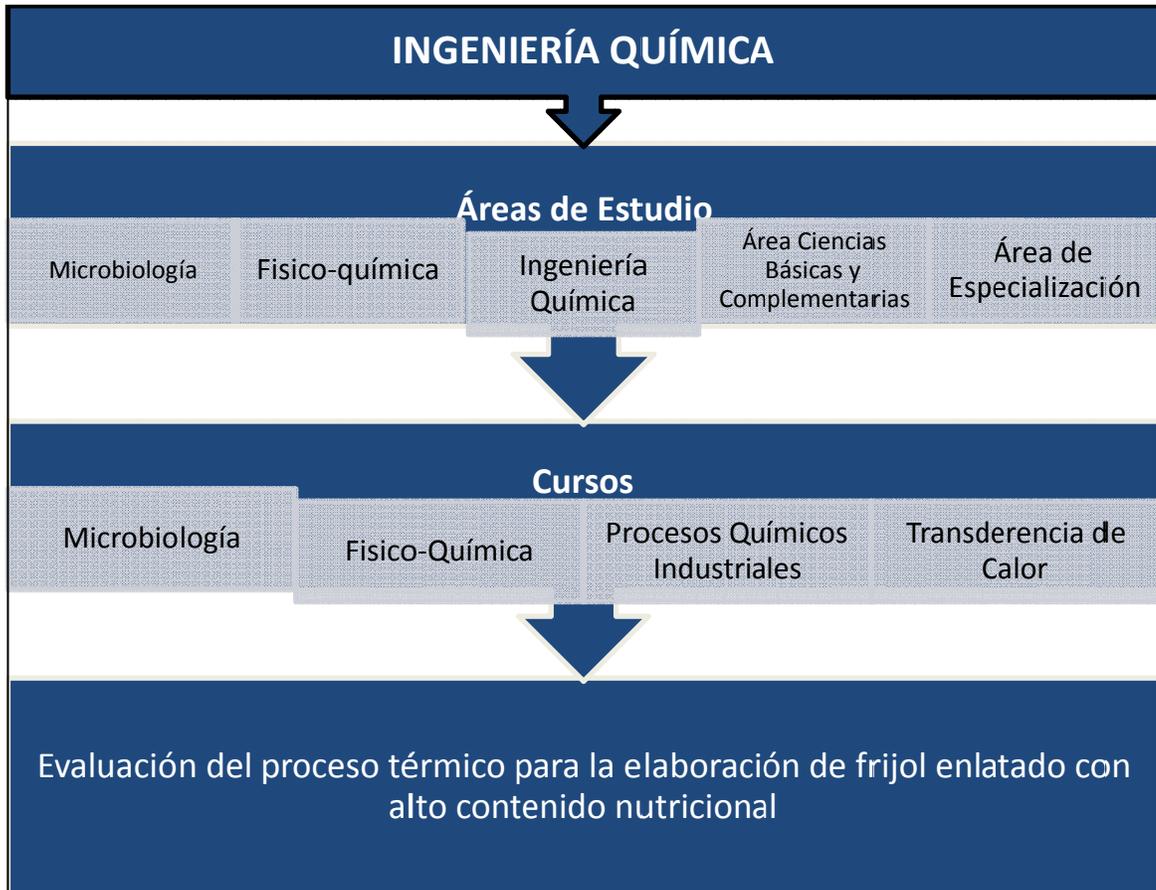


### Equipo de esterilización



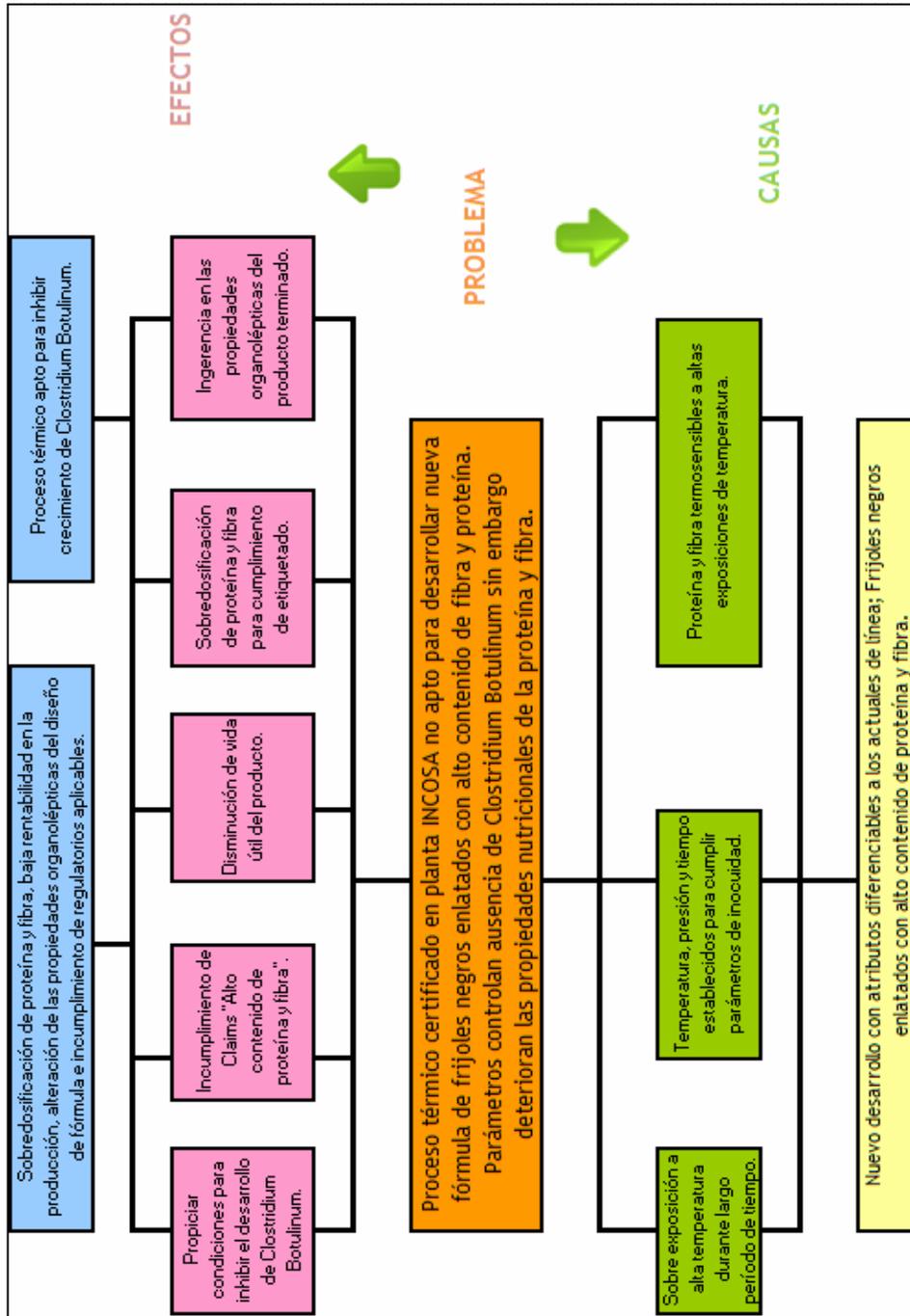
Fuente: Industria alimenticia; Km. 50,2 Carretera Interamericana, El Tejar, Chimaltenango, Guatemala

Apéndice 2. **Tabla de requisitos académicos**



Fuente: elaboración propia.

## Apéndice 2. Árbol de problemas



Fuente: elaboración propia.

## ANEXOS

### Anexo1. Solicitud de prueba industrial

<b>Solicitud de Prueba Industrial</b>						
Fecha de envío de solicitud: <u>20/12/2011</u>	Departamento Solicitante: <u>Investigación y Desarrollo</u>					
Nombre del solicitante: <u>Claudia María Ruiz</u>	Firma electrónica: <u>CR</u>					
Nombre del proyecto: _____	Fortificación Frijol Negro: _____					
<b>1. ¿QUE TIPO DE PRUEBA INDUSTRIAL DESEA REALIZAR?</b>						
Mezcla: <input type="checkbox"/>	Material de empaque: <input type="checkbox"/>	Ambas: <input checked="" type="checkbox"/>				
<b>2. ¿CUAL ES EL OBJETIVO DE ESTA PRUEBA INDUSTRIAL?</b>						
Reducción de costos en Material de Empaque: _____ Reducción de costos en Materia Prima: _____ Evaluación de nuevos proveedores: _____ Maquinabilidad de nuevos productos: _____ Factibilidad de producir nuevas presentaciones: _____ Otros: _____	<table border="1" style="margin: auto;"> <tr><td> </td></tr> <tr><td> </td></tr> <tr><td> </td></tr> <tr><td style="text-align: center;">X</td></tr> <tr><td> </td></tr> </table>				X	
X						
<b>3. ESCRIBA UN RESUMEN DE LO QUE ESPERA OBTENER EN PRUEBA INDUSTRIAL</b>						
Determinación nuevos parámetros para proceso térmico, asegurando ausencia de Clostridium Botulinum y contenido nutricional. Mezclado homogéneo, fluidez, maquinabilidad, dosificación y hermeticidad en los sellos.						
<b>4. LLENAR LOS SIGUIENTES CAMPOS, EN CASO DE REQUERIR MEZCLA</b>						
Que tipo de Mezcla desea Generar: _____	Culinario					
Número de fórmula: <u># DCR0018/021</u>	Número de Ensayo: <u>1</u>					
Nombre del Proveedor de materias primas: _____	Fibra natural: <u>Aromateca</u> y Proteína: <u>Sensient</u>					
Cantidad de mezcla a realizar:						
<b>DULCES :</b>	Pantalón: 1 batch 181 Kg <input type="checkbox"/> Torre de mezclas Dulces: 1 batch 225 Kg <input type="checkbox"/>					
<b>SALADOS:</b>	Helicoidal: 1 batch 200 Kg <input type="checkbox"/> Torre de mezclas Saladas: 1/2 batch 350 Kg <input type="checkbox"/> Torre de mezclas Saladas: 1 batch 700 Kg <input type="checkbox"/>					
<b>OTROS:</b>	Requerimiento especial <input checked="" type="checkbox"/>					
Justifique su requerimiento: <u>Batch de 650 Kg</u>						

Continuación del anexo 1.

<b>Al terminar la prueba industrial, ¿Indicar que debemos hacer con el producto generado?</b>	
Autorizo a desechar la mezcla generada en prueba industrial:	<input type="checkbox"/>
Autorizo remezclar la mezcla generada en prueba industrial:	<input type="checkbox"/>
Autorizo liberar el producto generado en prueba industrial para la venta inmediata:	<input type="checkbox"/>
Enviar el producto generado en la prueba industrial al área del solicitante:	<input checked="" type="checkbox"/>
<b>5. LLENAR LOS SIGUIENTES CAMPOS, EN CASO DE UTILIZAR MATERIAL DE EMPAQUE</b>	
Material de Empaque a Utilizar:	M.E. de línea <input checked="" type="checkbox"/> M.E. Nuevo <input type="checkbox"/>
Tipo de Material de Empaque:	Lata 29 onzas
Nombre del Proveedor que proporciona el Material de Empaque:	Metaltenvases
Número de Cuenta en caso de ser necesario y/o requerir materiales de línea:	63315343
Descripción del Número de Cuenta:	Gastos de operación
<b>6. LLENAR LOS SIGUIENTES CAMPOS ADICIONALES</b>	
Indique la maquina donde dese a realizar la prueba industrial:	Línea de frijoles
Cantidad de sobres requeridos para vida de anaquel:	20 latas
Tipo de prioridad:	Alta <input checked="" type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja <input type="checkbox"/>
<b>¿ALGUNA OTRA ESPECIFICACION QUE USTED CREA NECESARIA CONSIDERAR EN EL DESARROLLO DE LA PRUEBA INDUSTRIAL?</b>	
<hr/> <hr/>	
<b>NOTA:</b>	
* La siguiente solicitud de prueba industrial se considerará dentro de la programación de pruebas industriales de cada semana si y solo si, el solicitante lleno cada uno de los campos de esta solicitud de manera clara y adjunto copia de: ficha técnica, procedimientos, planos mecánicos y muestra de control.	
* En el caso de que el analista de procesos no tenga claras todas las especificaciones de la prueba solicitada, este no procederá a programar la prueba industrial y enviará de regreso la solicitud, para que esta sea llenada correctamente.	
* La recepción de solicitudes de prueba industrial se realizará a partir de los días Miércoles después del medio día al siguiente Miércoles (siguiente semana) antes del medio día (12:00 PM).	

Fuente: documento interno, Industria alimenticia.

## Anexo 2. Programación prueba industrial

PROGRAMA DE PRUEBAS INDUSTRIALES		FORMATO		MANUFACTURA							
Fecha de Emisión:	No. De Edición:	Fecha de Edición:	Máquina	Tripulación	Solicitante	Depto	Tiempo Estimado	Il. Cuenta			
10/12/09		10/12/09									
<b>PROGRAMACIÓN PRUEBAS INDUSTRIALES</b>											
No.	Prueba	Objetivo	Ficha Técnica	Fecha	Hora	Máquina	Tripulación	Solicitante	Depto	Tiempo Estimado	Il. Cuenta
1	Mezcla de Frijoles <b>llegos con alto contenido nutricional fórmula # DCR 0018-021 presentación 29 oz.</b> número de ensayo 1.	Evaluar mezclado homogéneo, propiedades organolépticas y fisicoquímicas de la mezcla de Frijol con Proteína y Fibra.	Cuenta con ficha técnica	Viernes 23/03/2012	07:00	Frijol	6 Personas	Claudia Ruiz	I&D	4 Horas	63315243
2	Llenado y empaque de <b>Frijoles llegos con alto contenido nutricional fórmula # DCR 0018-021 presentación 29 oz.</b>	Evaluar la maquinabilidad, llenado y sello lata metálica 29 oz.	Cuenta con ficha técnica	Viernes 23/03/2012	11:30	Frijol	11 Personas	Claudia Ruiz	I&D	2 Horas	63315243

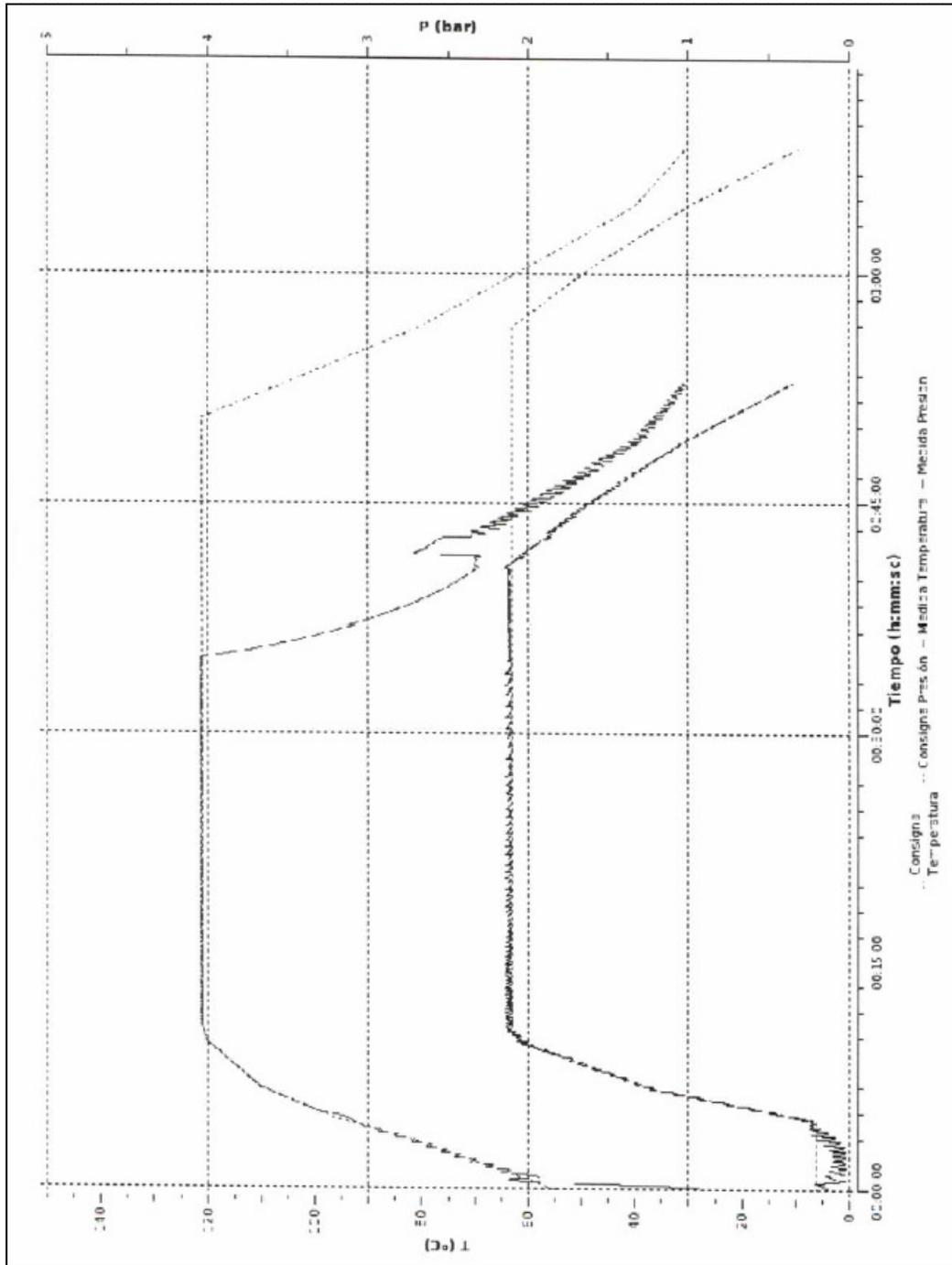
Fuente: documento interno, Industria alimenticia.

### Anexo 3. Especificación producto terminado

<b>PRODUCTO</b>	Frijoles negros volteados	<b>CODIGO INTERNO</b>	<b>CÓDIGO DE BARRAS</b>																																																						
<b>MARCA</b>		29 onz	08013217																																																						
<b>REGISTRO SANITARIO</b>	D.G.R.V.C.S - D.R.C.A. B-																																																								
<b>PRESENTACIONES</b>	Fardo de 12 latas, cada lata de 823g (29 onz)																																																								
<b>EMPAQUE</b>	<b>Primario:</b> Lata de hojalata con recubrimiento interno blanco <b>Secundario:</b> Etiqueta de papel con pegamento <b>Terciario:</b> Caja de cartón corrugado flauta tipo C																																																								
<b>PREPARACIÓN</b>	Calentar la lata en baño maria por 10 minutos o vacíe los frijoles en la olla o sartén (agregue aceite a su gusto), calientelos a fuego moderado moviendo frecuentemente. Sirvalos de inmediato.																																																								
<b>USOS</b>	Para consumir																																																								
<b>ESTIBA MAXIMA EXPORTACION</b>	<table border="1"> <tr><td>12x823</td></tr> <tr><td>16 cajas x cama</td></tr> <tr><td>6 camas x tarima</td></tr> <tr><td>96 cajas x tarima</td></tr> </table>	12x823	16 cajas x cama	6 camas x tarima	96 cajas x tarima																																																				
12x823																																																									
16 cajas x cama																																																									
6 camas x tarima																																																									
96 cajas x tarima																																																									
<b>ESTIBA MÁXIMA LOCAL</b>	<table border="1"> <tr><td>16 cajas x cama</td></tr> <tr><td>5 camas x tarima</td></tr> <tr><td>80 cajas x tarima</td></tr> </table>	16 cajas x cama	5 camas x tarima	80 cajas x tarima																																																					
16 cajas x cama																																																									
5 camas x tarima																																																									
80 cajas x tarima																																																									
<b>PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS</b>	<p>Acidez (pH) 5,6</p> <p>Cloruros 0,99 - 1,2 %</p> <p>Consistencia 7 - 7,2cm/30seg.</p> <p>Finura 10% de partículas de 0,040 pulgada</p> <p>Defectos naturales No debe presentar producto (frijol seco) en la parte superior de la lata</p> <p>Análisis de insectos negativo</p> <p>Ingredientes Agua, frijoles negros, aceite vegetal*, sal, cebolla en polvo, ajo en polvo. <b>Contiene Soya*</b></p>																																																								
<b>Peso Neto</b>	<table border="1"> <tr><td>823 g (29 Oz)</td></tr> <tr><td>806,54</td></tr> <tr><td>823 g</td></tr> <tr><td>839,46 g</td></tr> </table>	823 g (29 Oz)	806,54	823 g	839,46 g																																																				
823 g (29 Oz)																																																									
806,54																																																									
823 g																																																									
839,46 g																																																									
<b>INFORMACION NUTRICIONAL</b>	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">Información Nutricional</th> </tr> <tr> <td>Tamaño de la Porción</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>Porciones por lata Aprox.</td> <td colspan="2">(823g) - 5 Porciones</td> </tr> <tr> <th colspan="3">Cantidad por porción</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Valor Energetico</td> <td colspan="2">180 Calorias (753,12 kJ)</td> </tr> <tr> <td>Energias Provinientes de Grasa</td> <td colspan="2">30 Calorias (125,52 kJ)</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <th>% Valor Diario</th> </tr> <tr> <td>Grasa total</td> <td>6g</td> <td>9%</td> </tr> <tr> <td>Grasa saturada</td> <td>2g</td> <td>8%</td> </tr> <tr> <td>Grasa Trans</td> <td>0g</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Colesterol</td> <td>0mg</td> <td>0%</td> </tr> <tr> <td>Sodio</td> <td>640mg</td> <td>27%</td> </tr> <tr> <td>Carbohidratos Totales</td> <td>27g</td> <td>9%</td> </tr> <tr> <td>Fibra Dietética</td> <td>8g</td> <td>30%</td> </tr> <tr> <td>Azucares</td> <td>0g</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Proteína</td> <td>10g</td> <td>20%</td> </tr> <tr> <td>Calcio</td> <td></td> <td>10%</td> </tr> <tr> <td>Hierro</td> <td></td> <td>20%</td> </tr> </tbody> </table> <p>* Los Valores Porcentuales Diarios están basados en una dieta de 2000 Calorias. Estos valores pueden variar dependiendo de sus requerimientos calóricos.</p>	Información Nutricional			Tamaño de la Porción			Porciones por lata Aprox.	(823g) - 5 Porciones		Cantidad por porción			Valor Energetico	180 Calorias (753,12 kJ)		Energias Provinientes de Grasa	30 Calorias (125,52 kJ)				% Valor Diario	Grasa total	6g	9%	Grasa saturada	2g	8%	Grasa Trans	0g		Colesterol	0mg	0%	Sodio	640mg	27%	Carbohidratos Totales	27g	9%	Fibra Dietética	8g	30%	Azucares	0g		Proteína	10g	20%	Calcio		10%	Hierro		20%		
Información Nutricional																																																									
Tamaño de la Porción																																																									
Porciones por lata Aprox.	(823g) - 5 Porciones																																																								
Cantidad por porción																																																									
Valor Energetico	180 Calorias (753,12 kJ)																																																								
Energias Provinientes de Grasa	30 Calorias (125,52 kJ)																																																								
		% Valor Diario																																																							
Grasa total	6g	9%																																																							
Grasa saturada	2g	8%																																																							
Grasa Trans	0g																																																								
Colesterol	0mg	0%																																																							
Sodio	640mg	27%																																																							
Carbohidratos Totales	27g	9%																																																							
Fibra Dietética	8g	30%																																																							
Azucares	0g																																																								
Proteína	10g	20%																																																							
Calcio		10%																																																							
Hierro		20%																																																							
<b>PROPIEDADES ORGANOLÉPTICAS:</b>																																																									
<b>Mezcla</b>																																																									
<b>Apariencia:</b>	semisólida pastosa																																																								
<b>Sabor/Olor :</b>	característico																																																								
<b>Color:</b>	negro grisáceo																																																								
<b>PROPIEDADES MICROBIOLÓGICAS:</b>																																																									
<b>Recuento total:</b>	negativo																																																								
<b>Coliformes:</b>	negativo																																																								
<b>E. Coli:</b>	Ausente																																																								
<b>Mohos:</b>	negativo																																																								
<b>Salmonella:</b>	Ausente en 25 g																																																								
<b>ALMACENAMIENTO Y VIDA UTIL</b>	Consérvese en un lugar fresco y seco. No exponer a la luz solar Vida aproximada bajo condiciones arriba mencionadas:																																																								

Fuente: documento interno, Industria alimenticia.

#### Anexo 4. Resultados curva temperatura/ presión



Fuente: documento interno, Industria alimenticia.

## Anexo 5. Resultados evaluación doble sello

Fecha / Tiempo		CB	SC	Espesor	Altura C.	Counter sink	Gancho Cuerpo	Gancho Tapa	Traslape
UMin				0.0440	0.1000	0.1100	0.0700	0.0700	0.0380
Min				0.0450	0.1000	0.1200	0.0710	0.0710	0.0390
Norm				0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Max				0.0600	0.1200	0.1350	0.0940	0.0940	0.0620
UMax				0.0610	0.1410	0.1760	0.0950	0.0950	0.0630
07:43		1	1	*0.0623*	0.1136	*0.1480	0.0814	0.0803	0.0575
07:43		1	2	*0.0609	0.1093	*0.1483	0.0790	0.0763	0.0556
07:44	*	2	1	*0.0623*	0.1116	*0.1433	0.0804	0.0743	0.0546
07:44	*	2	2	*0.0607	0.1073	*0.1443	0.0794	0.0757	0.0575
07:44	*	3	1	0.0588	0.1177	*0.1441	0.0754	0.0805	0.0475
07:45	*	3	2	*0.0649*	0.1200	*0.1398	0.0873	0.0886	*0.0658*
07:45		4	1	*0.0620*	0.1099	*0.1394	0.0805	0.0724	0.0536
07:45	*	4	2	*0.0615*	0.1122	*0.1383	0.0792	0.0753	0.0536
Result. Min				0.0588	0.1073	0.1383	0.0754	0.0724	0.0475
Result. Max				0.0649	0.1200	0.1483	0.0873	0.0886	0.0658
Result. Rango				0.0061	0.0127	0.0100	0.0119	0.0162	0.0184
Result.									
Promedio				0.0617	0.1127	0.1432	0.0803	0.0779	0.0557
Result. Normdev.				0.0017	0.0043	0.0038	0.0033	0.0051	0.0052



FRIJOL  
LITOGRAFIADO  
METALENVASES

Comments: FRIJOL NEGRO

Quality By Vision - SEAMetal HD

En último lugar fecha calibración 24/10/2011

No. Cabeza 4

Medic. Por. Cabeza 2

Informe ID: 15455

Enlate Esp.: Envase 29 onz. Frijol

Línea: 1

Inch

Fuente: Reporte SEAMetal HD, Industria alimenticia.

## Anexo 6. Resultados prueba industrial

FORMATO CONTROL Y REGISTRO DE PRUEBAS INDUSTRIALES			MANUFACTURA
Fecha de emisión: 13/02/2009	No. de edición: 1	Fecha de edición: 09/03/2010	Página: 1 de 2
<b>FECHA DE REALIZACIÓN DE PRUEBA:</b>			<u>23/03/2012</u>
<b>PRUEBA:</b> Preparación de 1 batch de frijol negro, con fibra y proteína.			
<b>OBJETIVO:</b> Evaluar que el sabor del frijol preparado con fibra y proteína, sea comparable al sabor del frijol que actualmente es preparado en la línea de producción preservando las propiedades nutricionales.			
<b>MÁQUINA:</b>	Línea de Frijoles	<b>MARCA DE SELLADORA:</b>	<b>AIIGELUS 29P</b>
<b>OPERADOR:</b>	William Arana (Operador de Molienda)	<b>TRIPULACIÓN EN PRUEBA:</b>	11 Personas
<b>SUPERVISOR:</b>	Donal Alonzo	<b>TIEMPO DE LIMPIEZA DE MÁQUINA:</b>	-
<b>MECÁNICO:</b>	-	<b>TIEMPO DE AJUSTES MECÁNICOS:</b>	-
<b>PRODUCTO A EMPACAR:</b>	Frijoles negros enriquecidos con fibra y proteína.	<b>TIEMPO DE AJUSTES OPERATIVOS:</b>	-
<b>PROVEEDOR:</b>	<b>Danisco y Naturasient</b>	<b>TIEMPO DE CORRIDA EN MÁQUINA:</b>	4 Horas
<b>LATAS PRODUCIDAS:</b>	450 Latas de presentación 29 onzas	<b>TIEMPO DE AJUSTE A ESTADO INICIAL:</b>	-
		<b>TIEMPO TOTAL DE PRUEBA INDUSTRIAL</b>	<b>4 Horas</b>
<b>EMBUDOS</b>		<b>FORMATO DE EMPAQUE</b>	
1	2	3	4
5	6	7	8
X	-	-	-
-	-	-	-
		<b>FARDO</b>	<b>LATAS</b>
		1	12
		<b>PESO</b>	
		29 onzas	
<b>ASPECTOS DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN</b>			
<b>TEMPERATURA DE COCINADOR Y RETORTA:</b>			
COCINADOR (°C):		115	
RETORTA (°C):		121	
<b>VELOCIDAD DE SELLADORA:</b>			
TEÓRICA:		45 latas / minuto	
REAL:		45 latas / minuto	
<b>DOSIFICACIÓN:</b>			
EMBUDO 1:		Dosificación regulada Manualmente.	
<b>RESULTADOS DE LA PRUEBA:</b>			
ASPECTOS	OBSERVACIONES		
<b>MAQUINABILIDAD</b>	Se preparó un batch de frijol negro al cual se le agregó proteína y fibra, a lo descrito en la fórmula #DCR0018/021. Las latas de frijol generadas en prueba industrial, fueron sometidas a una evaluación organoléptica con la finalidad de detectar diferencias de sabor (comparación entre frijol preparado en prueba industrial y frijol preparado con fórmula original), sin embargo no se percibió diferencia alguna entre las muestras. La prueba industrial se trabajó con una tripulación de 11 personas, a una velocidad de sellado de 45 latas / minuto y bajo los parámetros de temperatura en cocinador y retorta descritos anteriormente.		
<b>AJUSTE MECÁNICOS</b>	No se realizaron ajuste mecánicos.		
<b>% DE DESPERDICIO</b>	Se debe considerar un 0.1% de desperdicio de mezcla que se produce durante el llenado de latas, para efectos de costeo.		
<b>OBSERVACIONES</b>	Dado que la proteína y fibra son materias primas se observó 1) La adición del 2% de Proteína y 2% de Fibra., 2) Buena homogeneidad de mezclado., 3) Mayor volumen de mezcla al agregar la materia prima.		
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>SE APRUEBA LA UTILIZACIÓN DE LA PROTEÍNA Y FIBRA DEL PROVEEDOR DANISCO Y NATURASIENT RESPECTIVAMENTE</b> , presentando un comportamiento adecuado de homogenización de mezcla, maquinabilidad en el llenado y sellado.		
<b>RESULTADO FINAL:</b>		<input checked="" type="checkbox"/> <b>APROBADO</b>	<input type="checkbox"/> <b>NO APROBADO</b>



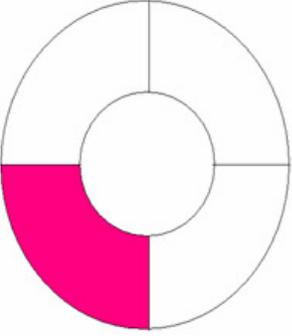
Fuente: Reporte SEAMetal HD, Industria alimenticia.

## Anexo 7. Resultados de análisis nutricional

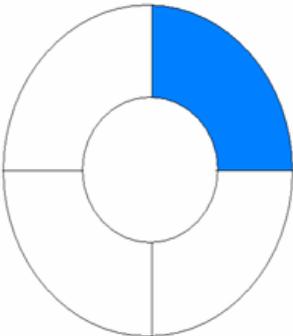
<b>Laboratorio Especial de Aseguramiento de la Calidad</b>		<b>Reporte Número:</b> 0416-2012	
		<b>Fecha de envío:</b> 28.03.2012	
		<b>Fecha de recepción:</b> 13.04.2012	
		<b>Tipo de muestra:</b> Especial	
<b>REPORTE DE ANALISIS</b>			
<b>Final</b>			
<b>Muestra</b>	<b>Receta</b>	<b>Lote/Identificación</b>	<b>Referencia Interna</b>
Frijol Negro volteado 29 oz	DCR0018/021	230312	12510MHE
<b>País de origen</b>	<b>Proveedor</b>	<b>Número de especificación</b>	
Guatemala		---	
<b>Análisis</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultado</b>	<b>Lote/Identificación</b>
Proteína	mg/ 100g	1995.40 1900.72 1932.90 1883.64 1954.82	230312153 230312178 230312190 230312228 230312265
Fibra	mg/ 100g	1920.00 1982.34 1990.00 1890.96 1997.88	230312276 230312291 230312304 230312326 230312350

Fuente: documento interno, Industria alimenticia.

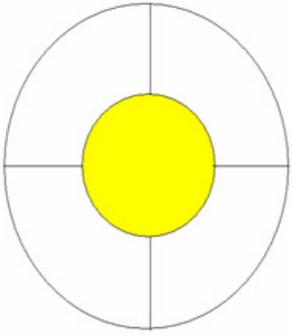
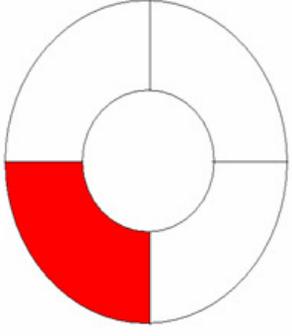
Anexo 8. Resultado microbiológico

FORMATO RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS					CONTROL DE CALIDAD			
Fecha De Emisión :10/09/2009		No.De Emisión :01		Fecha de Edición : 10/09/2009			Página 1 de 1	
No. de identificación	Canasta	Lugar toma de muestra	Recuento Total		Coliformes		Clostridium Botulinum	Observaciones
			Aeróbico mesófilo		Totales	E.Coli		
230312001	Superior		Negativo	Ausente	Ausente	Negativo		
230312002								
230312003								
230312004								
230312005								
230312006								
230312007								
230312008								
230312009								
230312010								
230312011								
230312012								
230312013								
230312014								
230312015	Superior		Negativo	Ausente	Ausente	Negativo		
230312016								
230312017								
230312018								
230312019								
230312020								
230312021								
230312022								
230312023								
230312024								
230312025								
230312026								
230312027								
230312028								

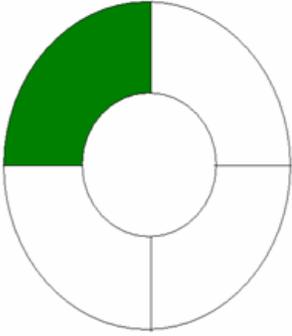
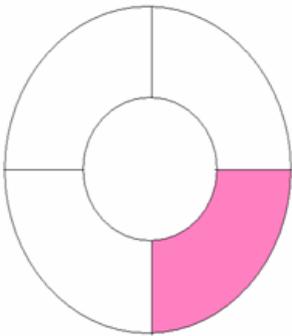
Continuación del anexo 8.

FORMATO RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS					CONTROL DE CALIDAD			
Fecha De Emisión :10/09/2009		No.De Edición :01		Fecha de Edición : 10/09/2009		Página 1 de 1		
No. de Identificación	Canasta	Lugar toma de muestra	Recuento Total/mL		E. Coli	Clostridium Botulinum	Observaciones	
			Aeróbico mesófilo	Coliformes/ g				
230312029	Superior		Negativo	Ausente	Ausente	Negativo		
230312030								
230312031								
230312032								
230312033								
230312034								
230312035								
230312036								
230312037								
230312038								
230312039								
230312040								
230312041								*
230312042								
230312043	Superior		Negativo	Ausente	Ausente	Negativo	* Falso Positivo API 20E	
230312044								
230312045								
230312046								
230312047								
230312048								
230312049								
230312050								
230312051								
230312052								
230312053								
230312054								
230312055								
230312056								

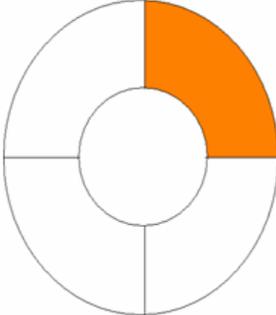
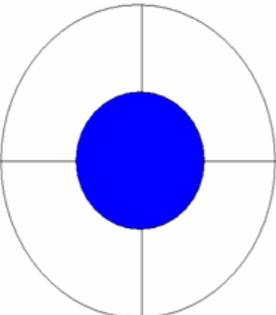
Continuación del anexo 8.

FORMATO RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS FO-CC-022				CONTROL DE CALIDAD			
Fecha De Emisión :10/09/2009		No.De Edición :01		Fecha de Edición : 10/09/2009		Página 1 de 1	
No. de identificación	Canasta	Lugar de toma de muestra	Recuento Total/ mL Aeróbico mesófilo	A N Á L I S I S		Clostridium Botulinum	Observaciones
				Totales	Coliformes/ g E.Coli		
230312057	Superior		Negativo	Ausente	Ausente		
230312058							
230312059							
230312060							
230312061							
230312062							
230312063							
230312064							
230312065							
230312066							
230312067	Inferior		Negativo	Ausente	Ausente	Negativo	
230312068							
230312069							
230312070							
230312071							
230312072							
230312073							
230312074							
230312075							
230312076							
230312077							
230312078							
230312079							
230312080							
230312081							
230312082							
230312083							
230312084							

Continuación del anexo 8.

FORMATO RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS						CONTROL DE CALIDAD		
Fecha De Emisión : 10/09/2009		FO-CC-022		Fecha de Edición : 10/09/2009		Página 1 de 1		
No. de identificación	Canasta	Lugar de toma de muestra	Recuento Total/ mL Aeróbico mesófilo	A N Á L I S I S		Clostridium Botulinum	Observaciones	
				Coliformes /g Totales	E. Coli			
280312085	Inferior		Negativo	Ausente	Ausente	Negativo		
280312086								
280312087								
280312088								
280312089								
280312090								
280312091								
280312092								
280312093								
280312094								
280312095								
280312096								
280312097	Inferior		Negativo	Ausente	Ausente	Negativo		
280312098								
280312099								
280312100								
280312101								
280312102								
280312103								
280312104								
280312105								
280312106								
280312107								
280312108								
280312109								
280312110								
280312111								
280312112								

Continuación del anexo 8.

FORMATO RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS					CONTROL DE CALIDAD		
Fecha De Emisión : 10/09/2009		No. De Edición : 01		Fecha de Edición : 10/09/2009		Página 1 de 1	
No. de Identificación	Canasta	Lugar toma de muestra	Aeróbico mesófilo		A N Á L I S I S		Observaciones
			Recuento Total/ mL	Totales	Coliformes /g	E. Coli	
230312113	Inferior		Negativo	Ausente	Ausente	Ausente	* Falso Positivo API 20E
230312114				*			Negativo
230312115							
230312116							
230312117							
230312118							
230312119							
230312120							
230312121							
230312122							
230312123							
230312124							
230312125							
230312126							
230312127	Inferior		Negativo	Ausente	Ausente	Ausente	
230312128							
230312129							
230312130							
230312131							
230312132							
230312133							
230312134							
230312135							
230312136							
230312137							
230312138							
230312139							

Fuente: documento interno, Industria alimenticia.

## Anexo 9. Formato para evaluación QDA

FORMATO										
PAPELETA ANALISIS DESCRIPTIVO CUANTITATIVO QDA										
FO-ID-042										
Fecha de Emisión: 28/06/2010	No. De Edición: 01	Fecha de Edición: 28/06/2010	Página 1 de 1							
Nombre: _____		No. de Panelista								
Departamento: _____		<div style="border: 1px solid black; width: 60px; height: 25px; margin: 0 auto;"></div>								
Fecha: _____										
<p>Instrucciones: A continuación se le presenta una muestra de Frijol negro volteado, califique en un rango de 1-10 la intensidad del atributo señalado.</p>										
<b>Sabor a Frijol</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ausencia										Muy fuerte
<b>Textura</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ausencia										Muy fuerte
<b>Consistencia</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ausencia										Muy fuerte
<b>Color</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ausencia										Muy fuerte
<b>Aroma</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ausencia										Muy fuerte
<b>Acidez</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ausencia										Muy fuerte
<b>Nota Grasa</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ausencia										Muy fuerte
<b>Ajo</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ausencia										Muy fuerte
<b>Cebolla</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ausencia										Muy fuerte
<b>Sal</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ausencia										Muy fuerte
Muchas Gracias!!										

Fuente: softwate 60/40

## Anexo 10. Resultado evaluación QDA

FORMATO RESULTADO ANALISIS DESCRIPTIVO CUANTITATIVO QDA FO-ID-043																																				
Fecha de Emisión : 28/06/2010	No. de Edición: 01	Fecha de Edición: 28/06/2010	Página 1 de 1																																	
<b>CODIGO:</b>	QDA-12-089																																			
<b>SOLICITANTE:</b>	Claudia Ruiz (Interno).																																			
<b>FECHA:</b>	27/03/2012																																			
<b>MUESTRAS EVALUADAS:</b>	<b>A = Frijol negro volteado fórmula actual de línea (Control).</b> <b>B = Frijol negro volteado fórmula # DCR0018/021 alto contenido nutricional (Muestra).</b>																																			
<b>RAZÓN DE LA PRUEBA:</b>	Determinar mediante una escala sensorial 1-10 (Débil-Fuerte), la intensidad de los atributos y/o descriptores que componen el producto. Utilizando la Tabla No. 1 (Valor Promedio del atributo evaluado) y la Gráfica No. 1 (Perfil de sabor) se comparan numérica y visualmente los valores promedio de ambos productos, determinando así la similitud de sabor en ambos perfiles.																																			
<b>NO. DE PAHELISTAS ASISTENTES:</b>	24																																			
<b>RESULTADOS:</b>	<p style="text-align: center;"><b>Tabla No.1 Valor Promedio del Atributo Evaluado</b></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">Atributo/ Descriptor evaluado</th> <th style="text-align: center;">Frijol Negro de línea (Control)</th> <th style="text-align: center;">Frijol Negro #DCR0018/021 (Muestra)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Sabor a Frijol</td><td style="color: blue;">8.54</td><td style="color: red;">8.71</td></tr> <tr><td>Sal</td><td style="color: blue;">6.23</td><td style="color: red;">6.74</td></tr> <tr><td>Cebolla</td><td style="color: blue;">4.04</td><td style="color: red;">4.33</td></tr> <tr><td>Ajo</td><td style="color: blue;">3.45</td><td style="color: red;">3.67</td></tr> <tr><td>Nota grasa</td><td style="color: blue;">5.45</td><td style="color: red;">4.32</td></tr> <tr><td>Acidez</td><td style="color: blue;">1.77</td><td style="color: red;">2.35</td></tr> <tr><td>Aroma</td><td style="color: blue;">4.35</td><td style="color: red;">5.26</td></tr> <tr><td>Color</td><td style="color: blue;">9.02</td><td style="color: red;">9.15</td></tr> <tr><td>Consistencia</td><td style="color: blue;">4.96</td><td style="color: red;">6.30</td></tr> <tr><td>Textura</td><td style="color: blue;">8.79</td><td style="color: red;">9.56</td></tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;"><b>Gráfica No.1 Perfil de Sabor</b></p> <p style="text-align: center;"><b>CONCLUSION:</b> El estudio realizado denota que el Frijol negro #DCR0018/021 alto contenido nutricional tiene un perfil similar al Frijol negro fórmula de línea sin embargo existe diferencia significativa en los atributos Nota a grasa (menor) y Consistencia (mayor).</p>			Atributo/ Descriptor evaluado	Frijol Negro de línea (Control)	Frijol Negro #DCR0018/021 (Muestra)	Sabor a Frijol	8.54	8.71	Sal	6.23	6.74	Cebolla	4.04	4.33	Ajo	3.45	3.67	Nota grasa	5.45	4.32	Acidez	1.77	2.35	Aroma	4.35	5.26	Color	9.02	9.15	Consistencia	4.96	6.30	Textura	8.79	9.56
Atributo/ Descriptor evaluado	Frijol Negro de línea (Control)	Frijol Negro #DCR0018/021 (Muestra)																																		
Sabor a Frijol	8.54	8.71																																		
Sal	6.23	6.74																																		
Cebolla	4.04	4.33																																		
Ajo	3.45	3.67																																		
Nota grasa	5.45	4.32																																		
Acidez	1.77	2.35																																		
Aroma	4.35	5.26																																		
Color	9.02	9.15																																		
Consistencia	4.96	6.30																																		
Textura	8.79	9.56																																		

Fuente: software 60/40

Anexo 11. **API 20E**



Fuente: Industria alimenticia; Km. 50,2 Carretera Interamericana, El Tejar, Chimaltenango, Guatemala.