



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Estudios de Postgrado
Maestría en Gestión Industrial

**DISEÑO DE UN MÉTODO DE CONTROL DE CALIDAD PARA PREVENIR LA OXIDACIÓN
DE BEBIDAS CARBONATADAS TIPO COLA PREVIO A SU FECHA DE EXPIRACIÓN
EMPACADAS EN PET TRANSPARENTE PRODUCIDAS EN UNA EMBOTELLADORA DE
GUATEMALA**

Inga. Jennifer Andrea Pusey Alvarado
Asesorado por MA. Ing. Aurelio Reyes Meza

Guatemala, agosto de 2020

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE UN MÉTODO DE CONTROL DE CALIDAD PARA PREVENIR LA OXIDACIÓN
DE BEBIDAS CARBONATADAS TIPO COLA PREVIO A SU FECHA DE EXPIRACIÓN
EMPACADAS EN PET TRANSPARENTE PRODUCIDAS EN UNA EMBOTELLADORA DE
GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

INGA. JENNIFER ANDREA PUSEY ALVARADO
ASESORADO POR MA. ING. AURELIO REYES MEZA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

MAESTRA EN GESTIÓN INDUSTRIAL

GUATEMALA, AGOSTO DE 2020

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

| | |
|------------|---------------------------------------|
| DECANA | Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada |
| VOCAL I | Ing. José Francisco Gómez Rivera |
| VOCAL II | Ing. Mario Renato Escobedo Martínez |
| VOCAL III | Ing. José Milton de León Bran |
| VOCAL IV | Br. Christian Moisés de la Cruz Leal |
| VOCAL V | Br. Kevin Armando Cruz Lorente |
| SECRETARIO | Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez |

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

| | |
|-------------|--|
| DECANA | Mstra. Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada |
| DIRECTOR | Mtro. Ing. Edgar Darío Álvarez Cotí |
| EXAMINADOR | Mtro. Ing. Carlos Humberto Aroche Sandoval |
| EXAMINADORA | Dra. Aura Marina Rodríguez |
| SECRETARIO | Mstro. 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:

**DISEÑO DE UN MÉTODO DE CONTROL DE CALIDAD PARA PREVENIR LA OXIDACIÓN
DE BEBIDAS CARBONATADAS TIPO COLA PREVIO A SU FECHA DE EXPIRACIÓN
EMPACADAS EN PET TRANSPARENTE PRODUCIDAS EN UNA EMBOTELLADORA DE
GUATEMALA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Postgrado de Ingeniería, con fecha 11 de julio de 2018.



Inga. Jennifer Andrea Pusey Alvarado

DTG. 176.2020.

La Decana 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 Estudios de Postgrado, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE UN MÉTODO DE CONTROL DE CALIDAD PARA PREVENIR LA OXIDACIÓN DE BEBIDAS CARBONATADAS TIPO COLA PREVIO A SU FECHA DE EXPIRACIÓN EMPACADAS EN PET TRANSPARENTE PRODUCIDAS EN UNA EMBOTELLADORA DE GUATEMALA**, presentado por la Ingeniera: Jennifer Andrea Pusey Alvarado, estudiante de la **Maestría en Artes en Gestión Industrial** y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Inga. Anabela Cordova Estrada
Decana



Guatemala, agosto de 2020.

AACE/asga

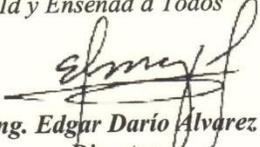
Guatemala, Junio de 2020

EEPMI-623-2020

En mi calidad de Director de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen y verificar la aprobación del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística al Trabajo de Graduación titulado: **“DISEÑO DE UN MÉTODO DE CONTROL DE CALIDAD PARA PREVENIR LA OXIDACIÓN DE BEBIDAS CARBONATADAS TIPO COLA PREVIO A SU FECHA DE EXPIRACIÓN EMPACADAS EN PET TRANSPARENTE PRODUCIDAS EN UNA EMBOTELLADORA DE GUATEMALA”** presentado por la Ingeniera **Jennifer Andrea Pusey Alvarado** quien se identifica con Carné **201790799**, correspondiente al programa de **Maestría en Artes en Gestión Industrial**; apruebo y autorizo el mismo.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”


Mtro. Ing. Edgar Darío Álvarez Cotí
Director

Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala



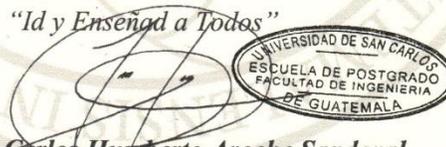
Guatemala, Junio de 2020

EEPMI-622-2020

Como Coordinador de la Maestría en Artes de Gestión Industrial doy el aval correspondiente para la aprobación del Trabajo de Graduación titulado: **“DISEÑO DE UN MÉTODO DE CONTROL DE CALIDAD PARA PREVENIR LA OXIDACIÓN DE BEBIDAS CARBONATADAS TIPO COLA PREVIO A SU FECHA DE EXPIRACIÓN EMPACADAS EN PET TRANSPARENTE PRODUCIDAS EN UNA EMBOTELLADORA DE GUATEMALA”** presentado por la Ingeniera **Jennifer Andrea Pusey Alvarado** quien se identifica con Carné **201790799**.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”



Mtro. Ing. Carlos Humberto Aroche Sandoval
Coordinador de Maestría
Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

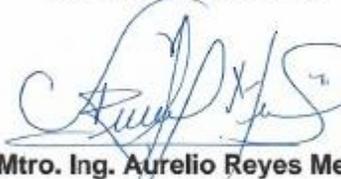
Guatemala, Junio de 2020

EEPFI-624-2020

En mi calidad como Asesor de la Ingeniera **Jennifer Andrea Pusey Alvarado** quien se identifica con carné **201790799** procedo a dar el aval correspondiente para la aprobación del Trabajo de Graduación titulado: **“DISEÑO DE UN MÉTODO DE CONTROL DE CALIDAD PARA PREVENIR LA OXIDACIÓN DE BEBIDAS CARBONATADAS TIPO COLA PREVIO A SU FECHA DE EXPIRACIÓN EMPACADAS EN PET TRANSPARENTE PRODUCIDAS EN UNA EMBOTELLADORA DE GUATEMALA** quien se encuentra en el programa de Maestría en Artes en Ingeniería de Mantenimiento en la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”


Mtro. Ing. Aurelio Reyes Meza
Asesor

M. A. Ing. Aurelio Reyes Meza
Ingeniero Industrial
Col. 6950

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por todas las bendiciones que ha derramado en mi vida. Por la sabiduría y confianza para alcanzar mis metas, culminando mis objetivos de manera exitosa.
- Mi madre** Hilda Alvarado que, sin duda alguna, en el trayecto de mi vida, me ha demostrado su amor, corrigiendo mis faltas y celebrando mis triunfos.
- Mis hermanos** Luis Antonio, Luis André y José Luis Pusey, por ser mi ejemplo a seguir, por sus consejos y enseñanzas que han fortalecido mi carácter.
- Mi madrina** Licda. Marissa Maselli, por ser un ángel en mi camino. Está siempre presente como una luz en todos los momentos de mi vida. Su constante apoyo incondicional y consejos que me han servido en el transcurso de mi formación.
- Mis cuñadas** Fabiola Herrera y Amelia Cook, por su cariño y apoyo en todos mis sueños.
- Mi amiga** Katherine Peña, por su cariño, apoyo incondicional, dedicación y aliento. Ha sido un privilegio poder contar con su guía.

AGRADECIMIENTOS A:

| | |
|---|---|
| Universidad de San Carlos de Guatemala | Por ser la prestigiosa casa de estudios que me permitió adquirir nuevos conocimientos especializados mediante profesionales de alto perfil y métodos avanzados. |
| Facultad de Ingeniería | Por proporcionarme las herramientas para mi preparación profesional e influir en mi carrera. |
| Mis amigos de la Facultad | Rene Morales, Sabu Gramajo, Julio de la Roca y Erick Fuentes por su apoyo y cariño. |
| Mis amigos | Katherine Peña, Marelin King, Luis Antonio García y Estuardo Gonzales, por su guía y motivación en todo momento. |

ÍNDICE GENERAL

| | |
|--|------|
| ÍNDICE DE ILUSTRACIONES | III |
| LISTA DE SÍMBOLOS | V |
| GLOSARIO..... | VII |
| RESUMEN..... | IX |
| PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y FORMULACIÓN DE PREGUNTAS | XI |
| OBJETIVOS..... | XV |
| INTRODUCCIÓN | XVII |
| | |
| 1. MARCO TEÓRICO..... | 1 |
| 1.1 Embotelladora de bebidas | 1 |
| 1.1.1 Definición de embotelladora de bebidas..... | 1 |
| 1.1.2 División de la industria de bebidas | 2 |
| 1.1.3 Maquinaria en la industria de bebidas | 2 |
| 1.1.4 Proceso de la industria de bebidas..... | 3 |
| 1.1.5 Prevención de riesgos en el proceso..... | 7 |
| 1.1.6 Proceso de oxidación de bebidas | 9 |
| 1.2 Bebidas carbonatadas | 11 |
| 1.3 Empaque PET transparente | 14 |
| 1.3.1 Tipos de empaque en la industria de bebidas | 15 |
| 1.4 Control de calidad..... | 16 |
| 1.4.1 Definición | 17 |
| 1.4.2 Evaluación sensorial..... | 18 |
| 1.4.3 Control de calidad en bebidas | 19 |
| 1.4.4 Pruebas de control de calidad | 20 |

| | | |
|-------|--------------------------------------|----|
| 1.4.5 | Pruebas en agua | 20 |
| 1.4.6 | Lavado de envases | 21 |
| 1.4.7 | Auditoría de bebidas | 21 |
| 2. | DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN | 23 |
| 3. | PRESENTACIÓN DE RESULTADOS..... | 25 |
| 4. | DISCUSIÓN DE RESULTADOS | 37 |
| | CONCLUSIONES..... | 43 |
| | RECOMENDACIONES | 45 |
| | REFERENCIAS | 47 |

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

| | | |
|-----|--|----|
| 1. | Proceso de envasado de bebidas gaseosas | 5 |
| 2. | Proceso general de producción de bebidas | 7 |
| 3. | Fases para la elaboración de una matriz de riesgos | 8 |
| 4. | Diagrama de causa y efecto fabricación de bebidas | 25 |
| 5. | Resultados de la prueba de análisis descriptivo de atributos | 26 |
| 6. | Resultados de perfil de sabor utilizando metodología in&out | 27 |
| 7. | Cambio del Volumen de CO ₂ en función a los días..... | 28 |
| 8. | Cambio de pH en función a los días expuestos | 29 |
| 9. | Cambios propuestos en la bodega de producto terminado | 30 |
| 10. | Cambios propuestos en los camiones de reparto | 31 |
| 11. | Propuesta de manual para análisis de riesgos y fallas..... | 32 |
| 12. | Propuesta de registro para modal de fallos y efectos..... | 34 |
| 13. | Comparación en refrigeración vrs. producto expuesto al sol..... | 39 |

TABLAS

| | | |
|------|---|----|
| I. | Información sobre el contenido calórico de bebidas | 12 |
| II. | Tipos de bebidas y sus características..... | 13 |
| III. | Estadísticas de materiales para fabricación de empaques | 16 |

LISTA DE SÍMBOLOS

| Símbolo | Significado |
|----------------|----------------------------|
| HACCP | Análisis de peligros |
| °C | Celsius |
| °Bx | Grados brix |
| Kg | Kilogramo |
| Psi | Libra por pulgada cuadrada |
| MP | Materia prima |
| PET | Tereftalato de polietileno |
| UV | Ultravioleta |

GLOSARIO

| | |
|----------------------------|---|
| Bebida carbonatada | Bebida saborizada, efervescente y sin alcohol. |
| Calidad | Conjunto de propiedades de un objeto que permite caracterizarlo y valorarlo con respecto a los demás de su especie. |
| Dilución química | Consiste en rebajar la cantidad de soluto por unidad de volumen de disolución. |
| Control de calidad | Es una estrategia para asegurar que los productos fabricados sean de calidad y que exista una mejora continua. |
| Estándares | Parámetros establecidos para una determinada especie o cosa. |
| Fecha de expiración | Fecha límite para consumir el alimento en sus condiciones óptimas sanitarias. |

HACCP

Proceso sistemático empleado para garantizar la inocuidad de los alimentos procesados de forma lógica.

PEPS

Primero en entrar, primero en salir.

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue diseñar un método de control de calidad para prevenir la oxidación de bebidas carbonatadas de tipo cola previo a su fecha de expiración. Empacadas en PET transparente producidas en una embotelladora de Guatemala.

El problema que se resolvió fue la oxidación de bebidas tipo cola donde tres de cada diez reclamos recibidos al departamento de control de calidad se presentaban por cambios en las características sensoriales del producto.

La metodología que se utilizó fue la revisión documental, en la cual se empleó un análisis cualitativo, análisis de las causas en el proceso de producción, seguido de una entrevista estructurada, evaluación sensorial mediante pruebas descriptivas de atributos y metodología in&out.

Los resultados obtenidos fueron la reestructuración de la bodega de producto terminado, implementación de las cubiertas en los camiones de reparto y la utilización del análisis de modal de fallos/efectos. Los beneficiarios fueron la empresa, en específico el departamento de control de calidad, bodega de almacenamiento de producto terminado, producción y abastecimiento.

Se concluyó que la embotelladora tendrá una mejora del 33.33 % del total de reclamos por mes. Representará un ahorro en costo de USD 45,000 con la implementación del método de control de calidad propuesto.

Se recomienda que el equipo de control de calidad designe un responsable para realizar el estudio de análisis de perfil descriptivo de atributos con un periodo semestral para validar el cumplimiento en las etapas del proceso.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y FORMULACIÓN DE PREGUNTAS

El problema que se presentó en la embotelladora fue la oxidación de bebidas carbonatadas tipo cola empacadas en PET transparente previo a su fecha de expiración.

La embotelladora es una corporación multinacional. Está considerada como una de las mayores corporaciones estadounidenses que tienen fábricas en diferentes partes del mundo. En Guatemala es considerada líder en el mercado de bebidas gaseosas, ya que se puede encontrar en la mayoría de las tiendas y comerciales del país.

El problema que se identificó fue que los panelistas sensoriales determinaron sabor a óxido en las bebidas carbonatadas tipo cola previo a su fecha de expiración, empacadas en PET.

El inconveniente ocasiono que se tuviera el 33.33 % de reclamos en las tiendas de barrio y un impacto en costos de USD 45,000 anuales por descarte de producto, así como pérdida de confianza del consumidor y daño a la marca.

La embotelladora se dedica a la producción de bebidas carbonatadas y no carbonatadas. El proceso se inicia con la revisión de materias primas, en donde se hacen análisis microbiológicos de salmonella y coliformes totales.

Se realizan análisis fisicoquímicos. Al azúcar se le hace una prueba de olor con ácido y se determina si posee aroma a melaza. Se llevan a cabo paneles sensoriales de sabor y finaliza con la prueba de dextrana para ver el color.

Al agua se le realiza un tratamiento con luz UV y se libera mediante pruebas sensoriales de color y sabor.

Posterior a la liberación de materias primas, estas se colocan en una tolva, es decir, en un tanque que contiene el 90 % de agua y 10 % de azúcar a una temperatura de 80 °C.

Se realiza un proceso térmico (cocción) y se forma el jarabe. Se le coloca carbón activado, el cual torna de color negro en la solución, para el posterior filtrado con un cono de film que retiene las partículas de carbón.

El jarabe terminado es enviado a un tanque principal de almacenamiento que suministra a todos los tanques de llenado por medio de una tubería que conecta ambos tanques. Estos contienen agitadores que permiten crear la solución simple y luego de una hora el proceso finaliza.

Se utiliza la metodología PEPS y se suministra el producto a los contenedores de reparto. Se tienen camiones cubiertos 100 % y sin cubierta en donde el producto está expuesto al sol durante todo el recorrido.

Los pilotos buscan un punto intermedio donde puedan trasladar el producto en troquet y repartir varios clientes sin mover el camión.

En las tiendas de barrio reciben el producto. Generalmente es expuesto al sol antes de colocarlo en las cámaras de enfriamiento. Un equipo de colaboradores de la embotelladora, del área de calidad, se dedica al seguimiento de todos los reclamos que se reciben, los cuales se hacen mediante llamada o vía correo electrónico.

Se procede a la revisión de las condiciones de almacenamiento y la trazabilidad del producto. Posteriormente se solicita una muestra del producto para realizar los análisis microbiológicos y fisicoquímicos, y determinar si se procede con el cambio o no. Para notificar al cliente y compartir la acción correctiva en el caso que aplique.

La embotelladora autorizó la ejecución del trabajo de investigación, proporcionando los recursos físicos y humanos, también la documentación necesaria para realizar el estudio.

El financiamiento de los gastos y costos en los que se incurrieron para realizar la investigación fueron aportados por el investigador.

Pregunta central

¿Cómo prevenir la oxidación de bebidas carbonatadas tipo cola previo a su fecha de expiración empacadas en PET transparente producidas en una embotelladora de Guatemala y mejorar la calidad?

Preguntas auxiliares de investigación

¿Cuáles son las causas que producen la oxidación de bebidas con las características del objetivo general?

¿Qué análisis de evaluación sensorial utilizar para solventar el origen que causa sabor a óxido en las bebidas carbonatadas?

¿Cuál es el proceso a seguir para desarrollar el diseño de un método de control de calidad para prevenir la oxidación de bebidas carbonatadas tipo cola con material de empaque plástico?

El trabajo de investigación se realizó en el laboratorio de análisis sensorial, en las líneas de producción, departamento de control de calidad y bodegas de producto terminado. El periodo de ejecución de la investigación será desde el mes de febrero 2017 a octubre 2018.

OBJETIVOS

General

Diseñar un método de control de calidad para prevenir la oxidación de bebidas carbonatadas tipo cola previo a su fecha de expiración, empaçadas en PET transparente, producidas en una embotelladora de Guatemala.

Específicos

- Analizar las causas que producen la oxidación de bebidas con las características del objetivo general.
- Determinar una evaluación sensorial para solventar el origen que causa sabor a oxidado en las bebidas objeto de la investigación.
- Proponer el proceso a seguir para desarrollar el diseño de un método de control de calidad para prevenir la oxidación de bebidas con material de empaque plástico.

INTRODUCCIÓN

El trabajo de investigación consistió en la sistematización del método de control de calidad para bebidas carbonatadas tipo cola empaçadas en PET producidas en una embotelladora de Guatemala.

El problema que tuvo la embotelladora fue la oxidación de bebidas carbonatadas tipo cola previo a su fecha de expiración, lo cual se manifestó mediante cambios en el sabor, color y la percepción del contenido de gas. Es decir, el producto se vio afectado en sus atributos sensoriales.

La importancia del trabajo de investigación se alineó con el plan del departamento de control de calidad de la embotelladora. Se obtuvo como resultado el ahorro en costos por devoluciones, optimización de recursos, mejoras en el proceso de calidad y la eficiencia.

El enfoque del trabajo de investigación fue mixto, puesto que se utilizó el análisis cuantitativo y análisis mediante estadística descriptiva. El diseño de la solución fue no experimental con tipo de estudio descriptivo.

Se tuvo como fin reducir la cantidad de reclamos obtenidos previniendo daños a la marca por pérdida de confianza del consumidor y materias primas descartadas por no cumplir con las especificaciones establecidas.

El esquema de la solución constó de cuatro fases principales. Inició con la revisión documental para dar un contexto de los antecedentes del problema. En la segunda fase se realizó un diagnóstico mediante una visita a la planta de producción para conocer el proceso y una entrevista al supervisor de calidad.

Se realizaron paneles sensoriales al área de control de calidad para determinar el sabor a óxido. Se analizó el comportamiento sensorial de °Brix, volumen de CO₂ y pH que tuvo la bebida en 4 diferentes ambientes: bodega, asoleado directamente, en tienda de barrio y en condiciones ideales de almacenamiento.

El trabajo de investigación fue factible porque se tuvieron los recursos necesarios para ejecutar las diferentes fases del trabajo de investigación. La embotelladora autorizó la realización del trabajo de investigación, brindó recursos necesarios, tanto humanos, tecnológicos, información como de infraestructura.

El primer capítulo del trabajo de investigación corresponde al marco teórico, donde se realizó una revisión de la teoría que tuvo relación con las embotelladoras de bebidas, bebidas carbonatadas, empaque PET, calidad y control de calidad.

En el segundo capítulo, se realizó el desarrollo de la investigación donde se describe el proceso. En el tercer capítulo, se describe la presentación de resultados. En el cuarto capítulo, está la discusión de resultados. Finalmente, se describen las conclusiones y recomendaciones de la investigación.

1. MARCO TEÓRICO

1.1 Embotelladora de bebidas

Una embotelladora de bebidas es conocida como una planta productora que recibe materias primas que pasan por un conjunto de transformaciones y se obtiene como resultado un producto específico. Dentro de ese marco se tiene una cadena de suministro que es supervisada por el departamento de control de calidad para la estandarización de procesos.

1.1.1 Definición de embotelladora de bebidas

Toda industria que procesa alimentos líquidos sin alcohol y con alcohol es identificada como embotelladora de bebidas. Ward (2005) afirma:

La industria de las bebidas se compone de dos categorías principales y ocho subgrupos. La categoría de las bebidas sin alcohol comprende: la fabricación de jarabes de bebidas refrescantes; el embotellado y enlatado de agua y bebidas refrescantes; embotellado, enlatado y envasado en cajas de zumos de frutas; la industria del café; y la industria del té. La categoría de las bebidas alcohólicas incluye los licores destilados, el vino y la cerveza (p. 65).

“El sector de alimentos y bebidas de Guatemala genera más de 100 empleos directos, con exportaciones de más de USD 1,1 mil millones, con 11 % de participación en las exportaciones totales de Guatemala” (Romina, 2017, p.85).

Por otra parte, Ward (2005) describe que la demanda de productos con gas ha incrementado en los últimos años.

Inicialmente se comercializaban en algunos departamentos del país. Las embotelladoras líderes tiene cobertura en toda la región. Fueron generando presencia de marca en todos los segmentos del mercado.

De las evidencias anteriores, se entiende que la industria de bebidas cada vez tiene una participación mayor en el mercado, por lo cual la calidad de los productos es de suma importancia. Se debe tener un control en la estandarización de atributos sensoriales.

1.1.2 División de la industria de bebidas

La clasificación de las industrias que fabrican bebidas de diferentes tipos se divide en dos ramas, las que tienen presencia de alcohol como el vino, la cerveza el ron, entre otros. Y las no alcohólicas como el té, jugos de frutas y zumos. (Ward, 2005).

Con las afirmaciones expuestas anteriormente, se entiende la evolución de la industria de bebidas a través del tiempo, ya que inicialmente la fabricación de bebidas era elaborada con métodos.

1.1.3 Maquinaria en la industria de bebidas

En la industria de bebidas, la limpieza de los envases es un punto de control que debe tener un monitoreo constante. Para el almacenamiento del jarabe terminado y agua purificada, se utilizan tanques de acero inoxidable. Para el

transporte de las botellas se utilizan bandas transportadoras que llevan las mismas al proceso de lavado, llenado y tapado. (Sandoval, 2006).

De los conceptos anteriores, se entiende la importancia en la implementación de bases rigurosas en el control de calidad. Estas deben realizarse en toda la cadena de operaciones para garantizar la inocuidad de producto.

El proceso de llenado y tapado, generalmente, se da en una fase ya que las botellas que pasan por esta etapa contienen en su interior la mezcla de jarabe con agua. Los equipos utilizados en el proceso son diseñados para obtener mayor precisión en la mezcla de agua, jarabe y dióxido de carbono. (Sandoval, 2006)

En este caso, se tiene un beneficio en que se realicen ambas etapas en una sola fase, debido a que se tiene menor riesgo de contaminación microbiológica que puede causar un efecto negativo en los atributos sensoriales del producto final.

Cabe mencionar que, el gas carbónico no solo aporta atributos sensoriales a la bebida, sino también conserva la misma, reviene el crecimiento de hongos. Para los jugos o bebidas que no contienen gas carbónico se adicionan aditivos como benzoato de sodio. (Sandoval, 2006)

1.1.4 Proceso de la industria de bebidas

En la industria de bebidas el proceso de fabricación, por lo general, se realiza en cuatro etapas que incluyen tratamiento de agua, preparación del jarabe, formación de la bebida y empacado de producto.

Según Méndez (2006), el proceso de producción de bebidas gaseosas inicia con la purificación de agua que será empleada en el proceso. Antes de entrar en el mismo se realizarán tratamientos de sanidad como decantación, filtración o cloración.

Otro método empleado para el tratamiento de agua es la desmineralización mediante el intercambio iónico. Este procedimiento se realiza en tanques que contienen sales y minerales presentes en el agua. (Sánchez, 2007)

En la segunda etapa se procede a la preparación del jarabe simple. Este producto aporta las características sensoriales de la bebida terminada. Para la preparación se inicia mezclando agua y azúcar. Posteriormente, se filtra y se da un decolorado (no en todos los procesos).

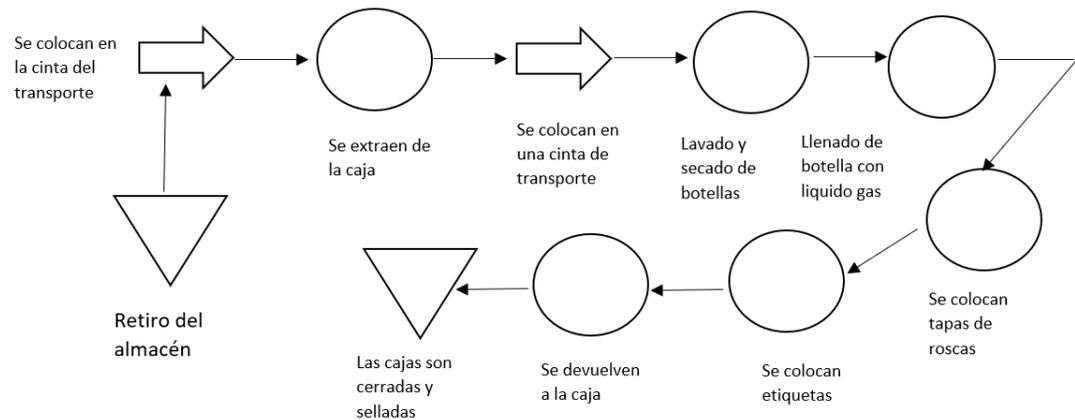
Posteriormente, se prepara el jarabe terminado, que es la combinación de jarabe simple y agua. Además, suele adicionarse aditivos dependiendo de la formulación. Para la preparación de la bebida terminada se mezcla el jarabe simple con gas carbónico.

En la tercera etapa, las botellas son lavadas para disminuir la carga microbiana y pasar al siguiente paso de llenado y cerrado. En esta fase las botellas pasan por un dispensador para ser abastecidas de producto. Son selladas a través de tapones o capsulas dependiendo del tipo de bebida.

Después, los envases son revisados por el departamento de calidad para asegurar que se cumpla con todas las especificaciones. En la cuarta etapa se da el proceso de etiquetado y empaque.

Previo al despacho los productos son etiquetados con información importante como el número de lote, fecha de producción, descripción del producto, peso, código de identificación. Se busca asegurar la trazabilidad. Los mismos son colocados en cajas o empaques secundarios para su almacenamiento. Finalmente, los productos son almacenados con controles de temperatura, que, por lo general, es a temperatura ambiente.

Figura 1. **Proceso de envasado de bebidas gaseosas**



Fuente: Guevara. (2015). *Bebidas Carbonatadas*.

Como se muestra en la figura 1, el proceso de producción de bebidas carbonatadas inicia con tratamiento de agua para prevenir que tenga presencia de partículas extrañas. Luego, se da la preparación del jarabe. Este depende de la formulación del producto que se está elaborando. Se adicionan aditivos, agua, saborizantes y colorantes.

En la siguiente fase se realiza una filtración en donde se rescata el líquido para darle el tratamiento térmico y disminuir la carga microbiana. Después, pasa por el enfriamiento para no provocar choque térmico.

Finalmente, se realiza la mezcla de jarabe terminado y agua. La mezcla pasa por un proceso de inyección de CO₂ gaseoso que le aporta características específicas al producto.

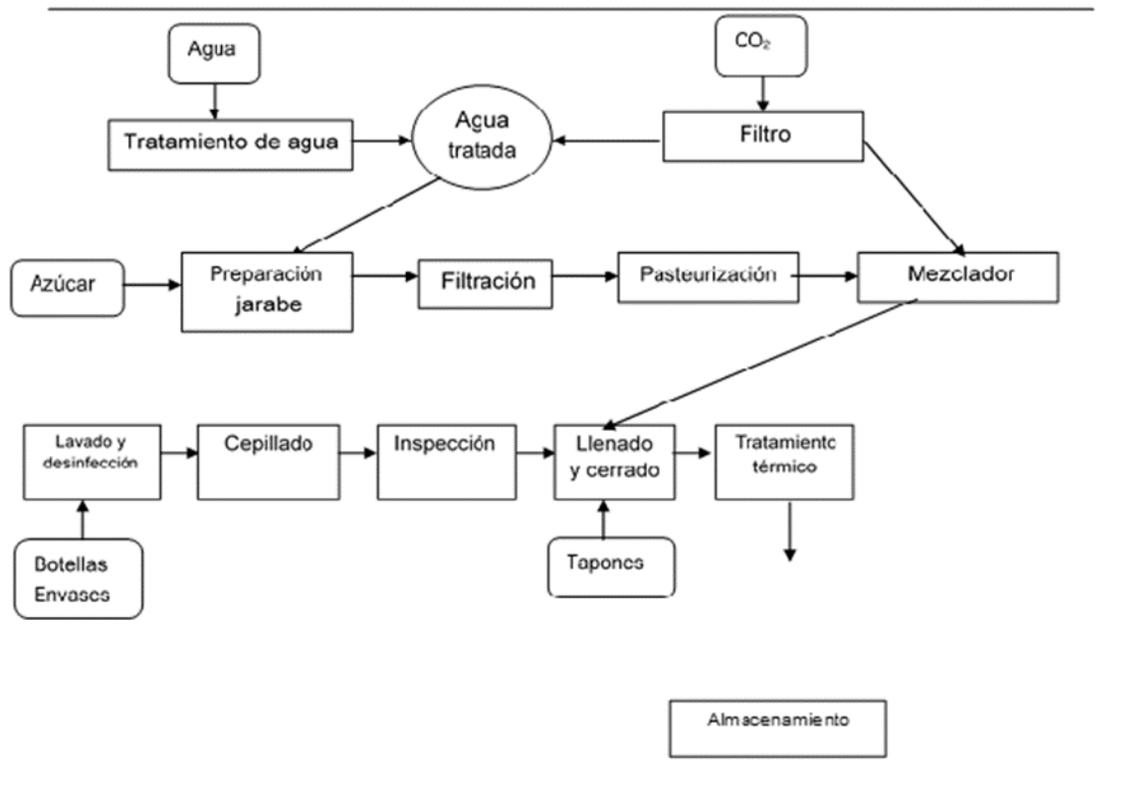
Por otra parte, Gudiel (2006) describe que el proceso general de fabricación de bebidas carbonatadas inicia con el tratamiento de agua para prevenir la presencia de partículas no deseadas provenientes de la naturaleza de esta.

En la segunda fase, se da la preparación de jarabe simple que se realiza con una solución con azúcar y agua previamente tratada, para pasar posteriormente por un proceso de filtrado y decolorado.

Para convertirlo en un jarabe terminado, se mezclan varios ingredientes, como jarabe simple o jarabes saborizantes. Luego, se realiza la bebida terminada mezclando jarabe terminado, agua tratada (según formulación) y el gas carbónico. Finalmente, las botellas son llenadas automáticamente desde la llenadora antes de cerrarlos.

El flujo del proceso de producción de bebidas carbonatadas se muestra en la figura 2. Se puede observar desde la recepción de materias primas hasta el almacenamiento del producto.

Figura 2. **Proceso general de producción de bebidas**



Fuente: elaboración propia.

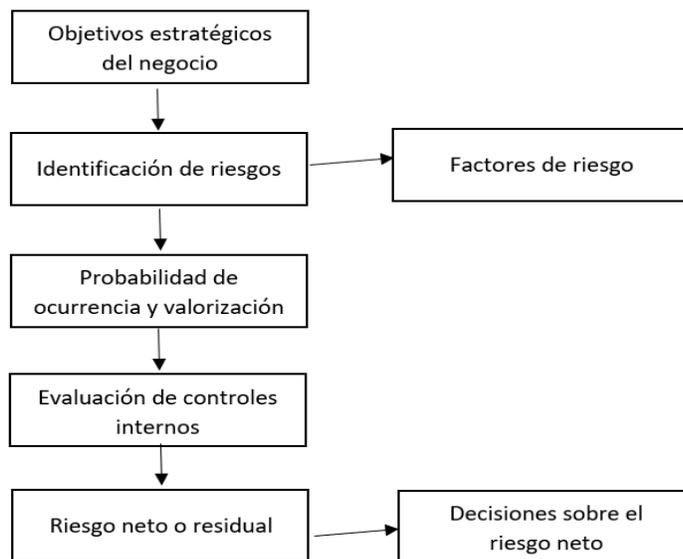
1.1.5 Prevención de riesgos en el proceso

Según indica Méndez (2006), las industrias y establecimientos de bebidas refrescantes están inscritos en el Registro General Sanitario de Alimentos, un órgano administrativo de carácter nacional y público.

En la industria de alimentos mantener un monitoreo de todas las actividades que se realicen en el proceso y la validación del cumplimiento de las normas establecidas es de suma importancia. El mercado hace que los consumidores tengan conocimiento de la calidad, por lo cual buscan consumir productos

inocuos en su totalidad. En la Figura 3 se describen las fases para la elaboración de una matriz de riesgos.

Figura 3. **Fases para la elaboración de una matriz de riesgos**



Fuente: Contreras (2010). *Bebidas Carbonatadas*.

La trazabilidad es indispensable para encontrar y seguir el rastro a través de todas las etapas de producción, transformación y distribución, al momento de un hallazgo o falla en la calidad. Es por esto la importancia de contar con la información del producto (Méndez 2006). Según la información que se menciona previamente, se debe cumplir una serie de normativas para la prevención de riesgos en el proceso.

Por otra parte, Contreras (2010) indica que con la elaboración de un análisis de riesgos en la planta de producción se busca identificar las condiciones inseguras y actos inseguros en cada puesto de trabajo. Lo anterior tiene como

finalidad que se establezcan los procesos necesarios para disminuir la cantidad de accidentes no deseados.

1.1.6 Proceso de oxidación de bebidas

Debido a que los alimentos son envasados en recipientes o botellas transparentes, existen los aditivos denominados antioxidantes que previenen que los alimentos degraden el color, olor y hasta el contenido nutricional. De esta forma se puedan consumir por más tiempo (Méndez, 2006). Generalmente el proceso de oxidación ocurre cuando un alimento es expuesto al oxígeno o a la luz.

Los productos que tienen perfil de sabor cítrico adoptan esa sensación debido a que contienen terpenos provenientes de los aceites esenciales. Dichos terpenos, si se encuentran en un medio favorable, reaccionan y dan como resultado un conjunto de moléculas que provocan notas desagradables en el producto final. (Méndez, 2006)

Otro método para alargar la vida útil de los productos que tienen a oxidarse es la utilización de sabor en emulsión. Debido a que la probabilidad que se presenten cambios en el sabor o apariencia de la bebida es casi nula, dado a que se puede combinar con compuestos que no es posible mezclarlos con productos no emulsificados.

Determinar la formulación de la bebida y definir los ingredientes es de suma importancia, ya que permite visualizar que moléculas son adecuadas para agregarle al saborizante de esa fórmula específica. Una formulación desviada puede provocar presencia de partículas no deseadas en el producto final, así como sabores extraños y cambios en el color.

“La formación de radicales libres a partir de los ácidos grasos aceleran el proceso de oxidación que continúa mientras queden grasas por oxidarse, produciéndose sustancias que generan olor a rancio. Las circunstancias que aceleran la oxidación son la presión de oxígeno, calor, luz” (Gudiel, 2006, p. 275).

Un factor que favorece la oxidación es la humedad, ya que desestabiliza el proceso de conservación. Las barreras del empaque particularmente mantienen la bebida o alimento aislado de la humedad. Sin embargo, se debe controlar para no acelerar el proceso de oxidación.

En los efectos secundarios que causa la humedad se pueden mencionar la degradación de ingredientes y atributos sensoriales. La actividad de agua en el alimento ayuda a la estabilidad de este, también el secado por congelación (Gudiel, 2006). De lo anterior, se entiende la importancia de mantener los productos almacenados con material que tenga barreras para proteger el alimento de la humedad y se tengan resultados negativos.

Los perfiles cítricos son más sensibles a los problemas de oxidación, ya que por las características internas provoca sabores extraños. En algunos casos, los consumidores toman las notas como parte del sabor de la bebida, a pesar de que es una reacción no intencional. (Gudiel, 2006)

Para mantener la estandarización de los procesos se realizan paneles sensoriales de liberación de producto, en donde se evalúa si la bebida cumple con las características sensoriales, con el fin de prevenir daños a la marca por presencia de sabores extraños.

El romero y extracto de tocoferol en estado puro generalmente son empleados como antioxidantes; además de las propiedades en la etiqueta se declaran como ingredientes naturales. La intensidad de sabor es muy fuerte en porcentajes de uso reducido. (Gudiel, 2006)

Con los productos naturales utilizados como antioxidantes se debe tener en cuenta que tienen un aporte en el perfil de sabor. Las dosis de aplicación deberán ser reguladas con base a la formulación original. Realizar evaluaciones sensoriales para validar que no se perciban cambios en el producto final.

1.2 Bebidas carbonatadas

Se conoce por contener en su formulación dióxido de carbono, el cual provoca efervescencia al abrir el producto. El concepto de bebida sin alcohol se conoce por utilizar como base los siguientes ingredientes, puede o no contener gas. Grillo (2005) afirma:

Jugo, pulpa, jugos concentrados, leche, extractos, infusiones, maceraciones, agua y sin contener alcohol etílico en cantidad superior a 0.5 % en volumen. Podrán contener cafeína (en un máximo de 200 mg/kg), quinina (con un máximo de 110 mg/kg), extractos aromatizantes naturales o esencias naturales y compuestos químicos aislados de los mismos, ácido fosfórico, dimetilpolisiloxano con un máximo de 10 mg/kg (p.82).

“Los saborizantes son extractos alcohólicos, emulsiones soluciones alcohólicas o jugos de frutas” (Sandoval, 2006, p.165). El ácido cítrico se obtiene de productos como limón y piña. La solución es preparada en un porcentaje de uso del 48 % de ácido y 52 % de agua generalmente.

Tabla I. **Información sobre el contenido calórico de bebidas**

| Categoría | Sabor | Kcal / 100 mL |
|--|-------------------------|----------------------|
| Bebidas refrescantes ligth | Varios | Menos de 1 - 7 |
| Bebidas refrescantes de extractos | Cola Tónica De te | 42-45 |
| Bebidas refrescantes de zumo de frutas | Naranja / limón | 42-45 |
| Gaseosas (con edulcorantes) | Gaseosa | Menos de 1 |
| Bebidas refrescantes aromatizadas (con edulcorantes) | Naranja/ limón | Menos de 1 -13 |
| Bebidas para deportistas | Varios | 26-32 |

Fuente: Méndez (2006). *El Libro de las Bebidas Refrescantes*.

En la tabla I se logra observar la información sobre el contenido calórico de bebidas. Es importante tomar en cuenta que las más recomendadas son las que contienen edulcorantes, ya que tienen menor cantidad de calorías.

El ácido fosfórico es el acidulante más económico. Se utiliza en concentraciones menores a bajo costo. El perfil ácido está dado por la concentración de hidrógeno presente en el producto, ya que el sabor es el mismo en el ácido, tartico, cítrico y fosfórico. (Sandoval, 2006).

En la fabricación de bebidas se adicionan ácidos que son permitidos en la industria de alimentos con la finalidad de modificar el nivel de dulzor y como preservante.

En la formulación para las bebidas carbonatadas también son empleados colorantes vegetales, por ejemplo, el caramelo. Este es proveniente de la reacción del azúcar de maíz después de un proceso de alta temperatura, utilizando como catalizador sal de amoniaco. Puede ser espumoso o no. (Sánchez, 2007)

Para la fabricación de bebidas tipo cola se utiliza en mayor porcentaje la colorante cerveza de raíz o helado de soda. Los ingredientes mencionados anteriormente conforman los principales componentes de la industria de bebidas sin alcohol. Esto se puede producir y desarrollar una variedad de producto terminado de diferentes perfiles.

Tabla II. **Tipos de bebidas y sus características**

| Tipo de refresco | Características | Modelo ideal del consumo |
|-------------------------|--|---------------------------------|
| Naranja | Dulzor predominante y acidez cítrica | Por la mañana |
| Cola | Intenso y complejo sabor, equilibrio entre acidez y dulzor | A partir de media mañana |
| Lima – Limón | Notas cítricas, sabor ácido y dulce | A media mañana o media tarde |
| Limón | Acidez cítrica | Antes de la comida o cena |
| Bitter | Color rojo intenso, fuerte sabor amargo | Antes de la comida o cena |
| Té frío | Matices dulces y cítricos | A cualquier hora del día |
| Gaseosa | Notas cítricas y acidas, suave sabor a lima | A cualquier hora del día |

Fuente: Méndez (2006). *El Libro de las Bebidas Refrescantes*.

En la tabla II se puede observar la clasificación de los principales los tipos de bebidas. Según Menéndez (2006), inicia con los tipos de agua, entre estos se puede mencionar, agua carbonatada que está compuesta principalmente por agua y anhídrido carbónico.

Por otra parte, menciona que las gaseosas están compuestas de agua, anhídrido carbónico y aditivos autorizados, a diferencia de las bebidas refrescantes aromatizadas que se conforman con agua, azúcares y zumos de frutas.

En su investigación Sandoval (2006), indica que las bebidas de fantasía se conocen como bebidas que no han pasado por un proceso de fermentación y son analcohólicas. Elaboradas con una base de agua mineral y azúcar.

En general, las bebidas gaseosas contienen en su formulación azúcar, edulcorantes artificiales, cafeína, sodio, colorante caramelo, ácido benzoico, sórbico y fosfórico.

1.3 Empaque PET transparente

Las botellas PET son el envase más utilizado en la industria de bebidas. Según Pérez (2012), 500.000 millones de botellas PET fueron producidas en todo el mundo, en 2010. El empaque de las bebidas carbonatadas es de suma importancia que puede representar hasta un 70% del costo de este producto.

“Un gramo menos de material por botella de PET trae consigo en alrededor de 100 millones de botellas producidas al año un ahorro de material de PET de alrededor de 100 toneladas” (Pérez, 2012, p. 205).

De lo expuesto anteriormente, se entiende que el consumo de productos empacados en botellas PET ocupa una parte significativa en el mercado de bebidas carbonatadas. Esto es de suma importancia validar la calidad del producto en este tipo de empaque.

1.3.1 Tipos de empaque en la industria de bebidas

Se denomina empaque primario al material que está en contacto directo con la bebida. Es decir, el recipiente que la contiene. El sellado, limpieza y material tendrán efectos en la calidad del producto. (Menéndez, 2006)

Se tiene monitoreo constante de materias tóxicas que afecten la inocuidad del producto. La resistencia del material de empaque aportará en la definición de la vida útil de la bebida.

En su investigación Menéndez (2006), menciona que se pueden encontrar una variedad de formas y materiales para la fabricación de botellas. Generalmente se utilizan los materiales de vidrio, plástico, metal, envases de cartón, bag-in-box (bolsa interior de polietileno y bolsa exterior multicapa) y plástico PET (Polietileno Tereftalato).

Entre las ventajas competitivas que presenta el material PET es que facilita el proceso de manipulación y almacenaje de producto, ya que es ligero en peso. Además, presenta beneficios como ahorro en costos y se pueden crear diseños innovadores. (Menéndez, 2006)

Una de las ventajas de utilizar PET como material de empaque primario es la conservación de las propiedades organolépticas del producto. Se facilita el diseño constante de etiquetas o cambios de color, con lo cual se pueden trabajar *in&outs* por temporadas sin necesidad de cambiar de material. Aporta al departamento de mercadeo de las compañías.

Se utilizan otros materiales como el metal, que se tiende a utilizar principalmente para productos de tipo cola. Los más comunes son los empaques de hojalata. (Menéndez, 2006)

Tabla III. **Estadísticas de materiales para fabricación de empaques**

| Material | Utilización |
|-----------------------|--------------------|
| Plástico PET | 50% |
| Metal | 30% |
| Vidrio | 15% |
| Envases dispensadores | 4% |
| Cartón para bebidas | 1% |

Fuente: Méndez (2006). *El Libro de las Bebidas Refrescantes*.

Por otra parte, como se muestra en la Tabla III el vidrio también es un material comúnmente utilizado debido a que es inerte y se puede utilizar para envasar cualquier tipo de alimento. Sin embargo, la delicadeza en la manipulación hace que sea sustituido por otros materiales. (Menéndez, 2006)

1.4 Control de calidad

La excelencia de un producto está dada por la combinación de las buenas prácticas en toda la cadena de suministro. Puede considerarse como el valor medio de la calidad solicitado por los consumidores. La estandarización de los productos se puede medir mediante un rango de límites o tolerancias de control. (Torricella, 2007)

El control de calidad es el conjunto de técnicas y procedimientos del que se sirve la dirección para la obtención de un producto de la calidad deseada. A su

vez, es una inversión que debe producir rendimientos adecuados en el cual deben estar involucrados todos los miembros de una empresa.

1.4.1 Definición

“La calidad de los alimentos es el conjunto de aquellas características que diferencian unidades individuales de un producto y tienen significación en la determinación del grado de aceptabilidad de esta unidad por el comprador” (Torricella, 2007, p. 86).

Los análisis que se realicen deben ser controlados independientemente, ya que los resultados obtenidos se requieren con el menor porcentaje de error.

Procedimientos utilizados para el control que indica Torricella (2007) son análisis replicados de muestras realizados en un porcentaje definido de todas las muestras analizadas. Introduce muestras repetidas aleatoriamente en el sistema de análisis de muestras a intervalos adecuados y la utilización de materiales de referencia.

El tipo de análisis a utilizar dependerá de las propiedades del producto de referencia. Se puede decir que los límites pueden variar entre el 5 % y el 10 % de todas las muestras. Sin embargo, en procedimientos que requieren mayor delicadeza los porcentajes de variación pueden ser más elevados (Torricella, 2007).

1.4.2 Evaluación sensorial

“Es definida como una disciplina científica, empleada para evocar, medir, analizar e interpretar reacciones características del alimento, percibidas a través de los sentidos de la vista, olfato, gusto, tacto y audición” (FAO, 2015, p.8).

Con base en el concepto anterior, se puede mencionar que la evaluación sensorial es un método utilizado en todas las industrias de alimentos para diferentes atribuciones como comparar productos, liberación de materias primas, desarrollos nuevos, innovación, entre otros.

Por otra parte, “la evaluación sensorial se torna como la caracterización y análisis de aceptación o rechazo de un alimento por parte del catador o consumidor, a través de las sensaciones experimentadas iniciando al observarlo y finalizando después de consumirlo” (Hernández, 2005, p. 54).

Como se menciona anteriormente, la evaluación sensorial es empleada como herramienta para el control de calidad y validación del cumplimiento de estándares durante el proceso.

“Se define como la interpretación de la sensación, es decir la toma de conciencia sensorial. Los métodos utilizados para medir la sensación mediante los estímulos son los físicos y químicos. Por otra parte, se puede realizar mediante métodos psicológicos” (Sancho, 2002, p.195).

Como menciona Liria (2007), al consumir un alimento se estimulan diferentes sentidos como los estímulos visuales, táctiles, olorosos, auditivos y gustativos.

La finalidad de la evaluación sensorial está basada, según Severiano (2012), en la validación de las condiciones de almacenamiento, la estabilidad y vida útil, análisis de productos de la competencia, desarrollo de productos nuevos, investigación de los factores que tienen influencia sobre el sabor y en aromas.

1.4.3 Control de calidad en bebidas

Para proteger la calidad de las bebidas suministradas al mercado los fabricantes deben garantizar el cumplimiento normativo de los ingredientes, envasado y procesos de producción de sus productos en cada etapa.

Generalmente, se hacen cambios de producto en tiendas, debido a la continuación cruzada con alérgenos, la putrefacción y la fermentación, el uso de productos químicos prohibidos y otros problemas de seguridad. (Lara, 2016)

Los métodos de control de calidad utilizados en la industria de bebidas son el panel sensorial, análisis fisicoquímicos y microbiológicos. Sin embargo, es necesario realizar verificaciones de parámetros de almacenamiento, transporte y distribución donde se puede provocar un efecto negativo en los mismos.

“Los controles que con regularidad hace el personal de embotellado son: determinación del contenido de sacarosa en la bebida, mediante el análisis de grados Brix. Análisis de acidez, por el método de titulación” (Maldonado, 2012, p. 202).

“La calidad es el conjunto de propiedades y características de un bien o un servicio que satisfacen las necesidades declaradas e implícitas de los usuarios o consumidores” (Zavala, 2011, p. 91).

En la industria de alimentos el término calidad es empleado para hacer referencia a los procesos relacionados con la inocuidad de los alimentos.

1.4.4 Pruebas de control de calidad

Las pruebas realizadas para el control de calidad según Maldonado (2012) son los grados brix, las cuales dan como resultado la concentración de sólidos disueltos en un producto, la carbonatación que mide el volumen de CO₂ que absorbe el agua a presión atmosférica, el termómetro que se utiliza para medir la temperatura cada 0.1 °C y la titulación ácido-base que determina la concentración del componente de interés en la solución.

Por otra parte, Cancino (2015) menciona que para conocer la calidad es importante analizar la densidad para monitorear la atenuación, pH para la actividad enzimática y la acidez por la concentración de ácidos orgánicos

En su investigación Rojas (2010) confirma que para el control de calidad es importante realizar análisis de concentración de grados (brix), que es un método que se utiliza para determinar la densidad del azúcar en el jarabe y la carbonatación para la concentración de gas carbónico.

1.4.5 Pruebas en agua

En su investigación Maldonado (2012) describe que las pruebas que se realizan en agua son cinco principales, iniciando con los análisis de sabor y olor, turbidez con un límite máximo es de 5.0 P.P.M; evaluación de levadura y mohos, ya que no debe tener ninguno, alcalinidad con un máximo de 50 P.P.M. y la dureza total que verifica la funcionalidad de los ablandadores.

1.4.6 Lavado de envases

Como menciona Maldonado (2012), la limpieza en el material primario es de suma importancia, de esto depende una parte importante la inocuidad y vida útil del producto. No es permitido ningún residuo cáustico después del lavado.

La temperatura de soluciones se utiliza para disminuir la carga microbiana. Para la suciedad y mohos se realizan pruebas con azul de metileno y se descarta su presencia.

1.4.7 Auditoría de bebidas

Las auditorías de calidad permiten verificar, mediante la documentación de los procesos, el cumplimiento de los estándares previamente establecidos.

Según Maldonado (2012), están las auditorías de higiene que son utilizadas para verificar el cumplimiento de los estándares en los medios físicos de preparación e instalaciones. Las auditorías de buenas prácticas de fabricación, que permiten validar la capacitación del personal en la cadena de suministro.

De lo anterior, se entiende la importancia de la implementación de un sistema de control de calidad en la industria de alimentos, ya que los clientes cada vez se vuelven más exigentes con la calidad de los productos, realizando validaciones en las instalaciones del productor.

2. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

Con la realización de la investigación se diseñó un método de control de calidad para prevenir la oxidación de bebidas carbonatadas, tipo cola previo, a su fecha de expiración empacadas, en PET transparente producidas en una embotelladora de Guatemala.

Se utilizaron métodos empíricos que permitieron la obtención y elaboración de los datos empíricos, es decir, la recolección de datos a través de la observación. También se utilizó la entrevista al personal de operaciones. Estos métodos fueron utilizados para determinar las causas que producen la oxidación de bebidas carbonatadas tipo cola empacadas en PET transparente previo a su fecha de expiración.

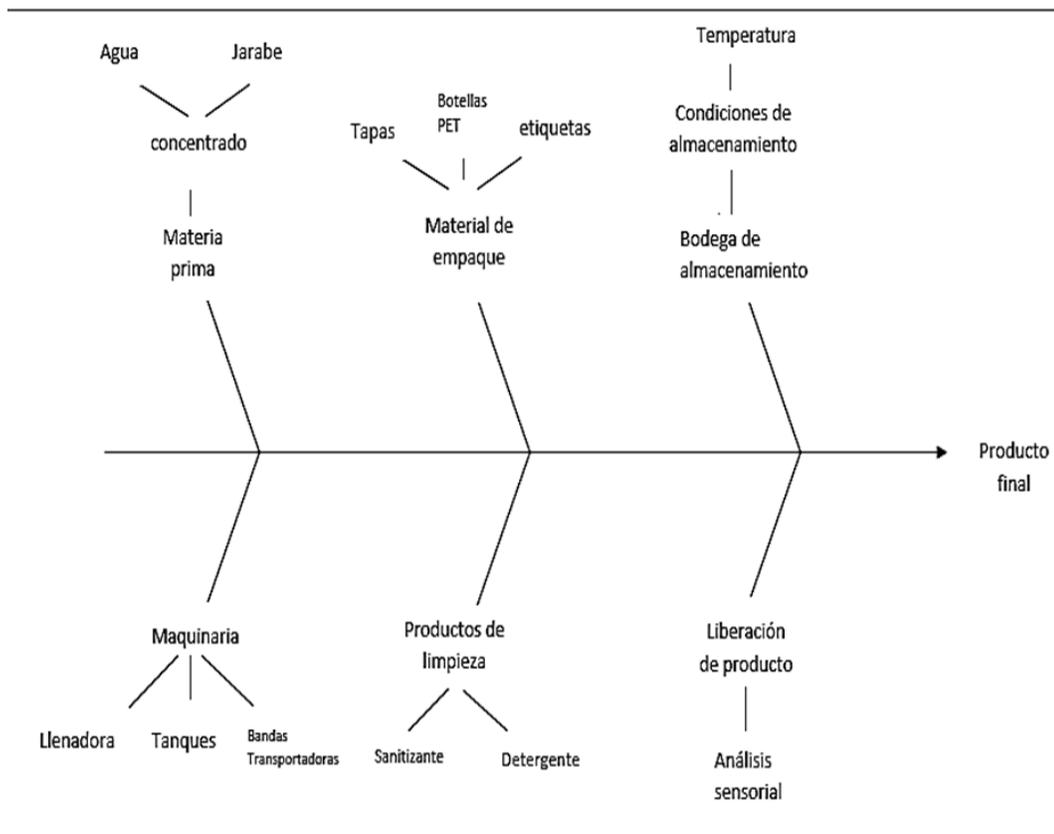
Por otra parte, fueron utilizados métodos teóricos que permitieron profundizar en el conocimiento de las regularidades y cualidades esenciales. Esto fue empleado para identificar un análisis de evaluación sensorial para solventar el origen que causa sabor a óxido en las bebidas carbonatadas tipo cola.

Posteriormente, en función a las conclusiones derivadas del análisis, se evaluó la propuesta del diseño de un método de control de calidad para prevenir la oxidación de bebidas carbonatadas tipo cola empacadas en PET transparente previo a su fecha de expiración.

3. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

- Análisis de las causas que producen la oxidación de bebidas con las características del objetivo general.

Figura 4. **Diagrama de causa y efecto fabricación de bebidas**



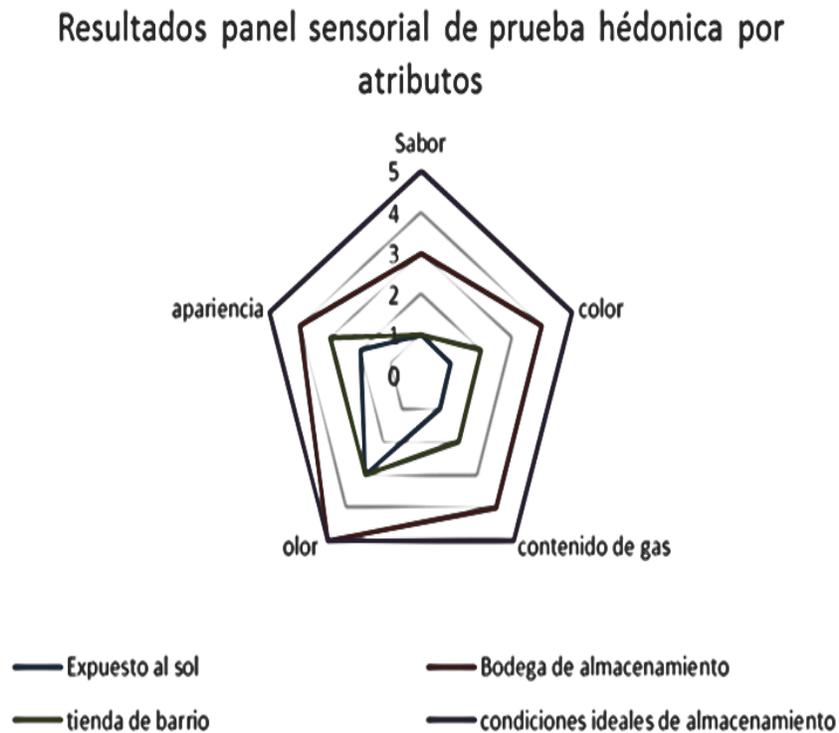
Fuente: elaboración propia.

Posterior al análisis del diagrama, se obtuvo como resultado que la limpieza inter tuberías es la principal causa interna de contaminación cruzada con el producto terminado.

La materia prima incrustada pasa por un proceso de descomposición y provoca presencia de microorganismos que afectan las propiedades sensoriales de la bebida.

- Resultados de la evaluación sensorial mediante pruebas descriptivas de atributos y metodología IN&OUT .

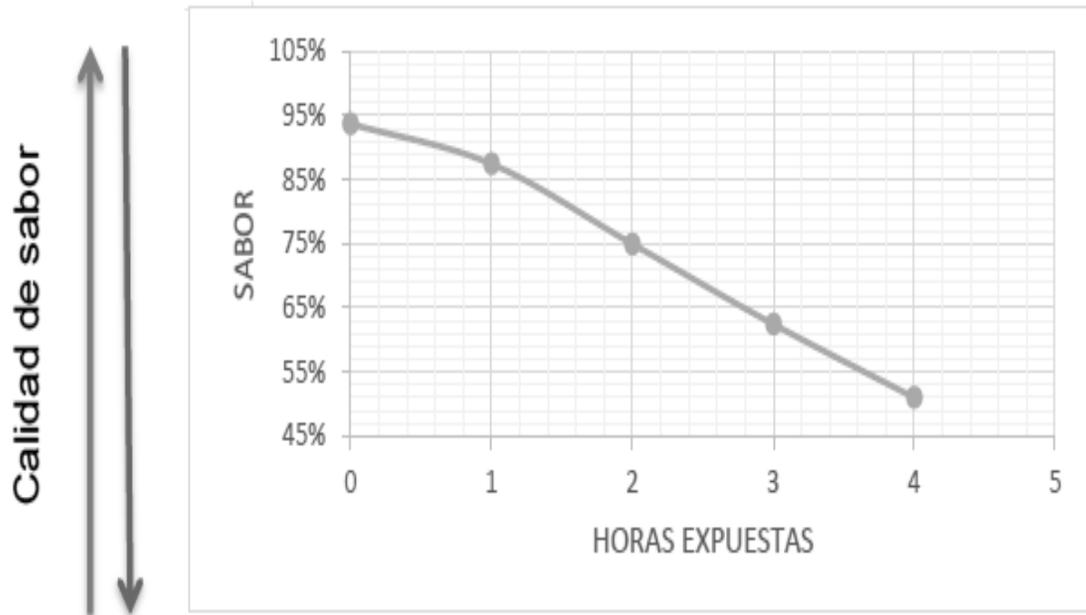
Figura 5. **Resultados de la prueba de análisis descriptivo de atributos**



Fuente: elaboración propia.

La prueba descriptiva de análisis de atributos tuvo como resultado que el producto almacenado en cuatro diferentes ambientes, el expuesto al sol fue el que degradó sus condiciones óptimas, siendo evaluado por los panelistas con un promedio de 1 en sabor, que corresponde a la escala de disgusto.

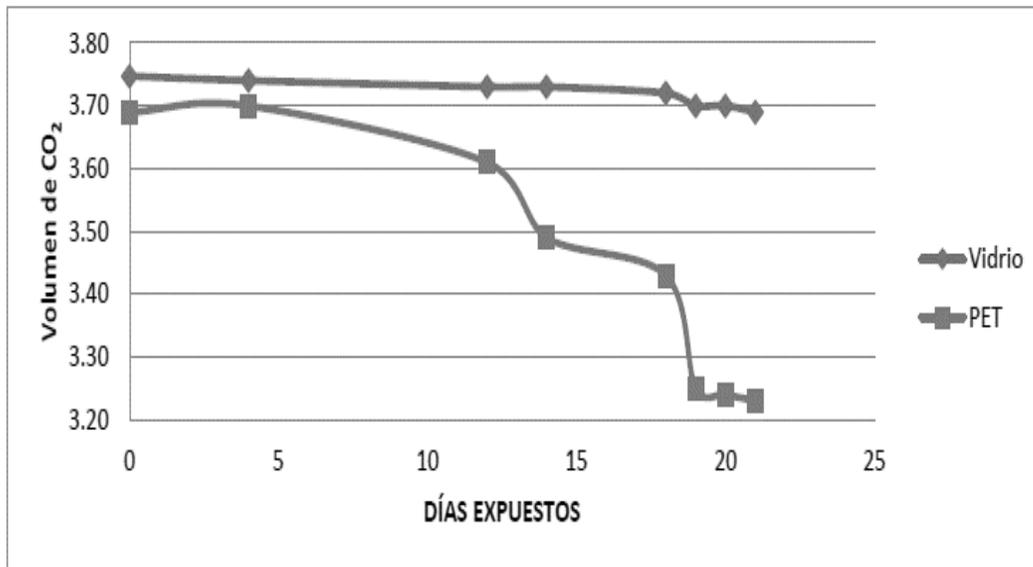
Figura 6. **Resultados de perfil de sabor utilizando metodología in&out**



Fuente: elaboración propia.

Los resultados de la evaluación sensorial utilizando la metodología in&out de la embotelladora indicaron que durante las horas que el producto estuvo expuesto al sol el perfil de sabor tuvo un efecto negativo que no fue aceptado por los panelistas. Es decir, a mayores horas de exposición al sol mayor fue el efecto en el sabor.

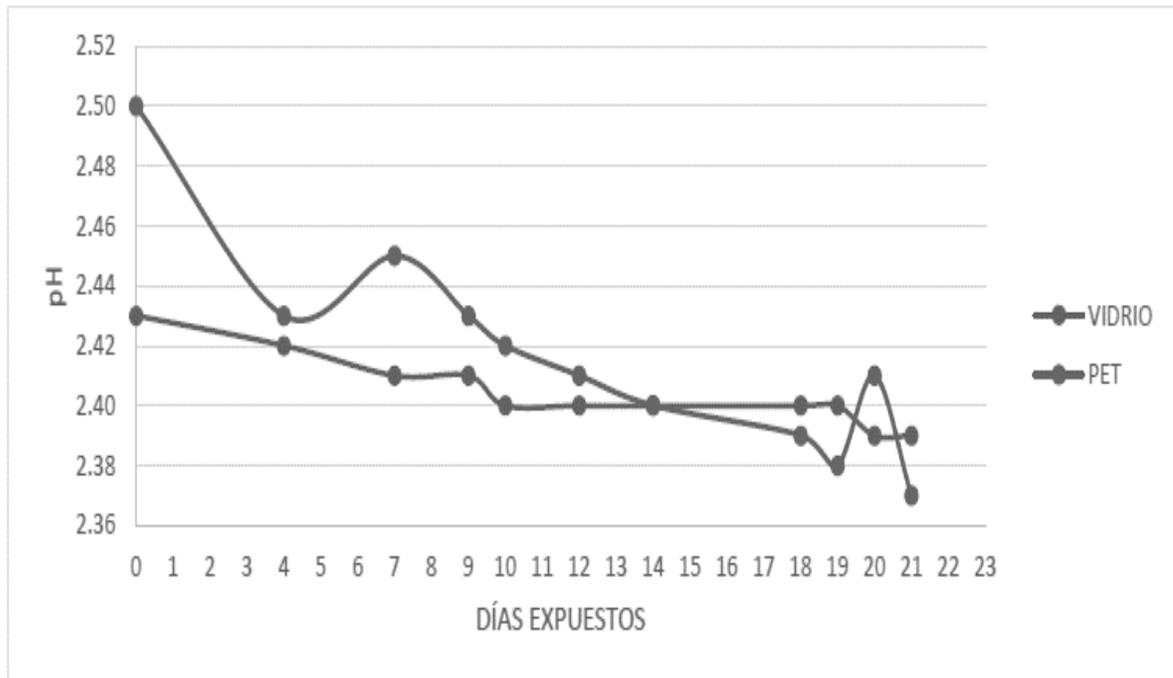
Figura 7. Cambio del Volumen de CO₂ en función a los días



Fuente: elaboración propia.

Otro atributo sensorial que fue afectado fue el contenido de CO₂. Como se observa en la figura 7. Tiene una tendencia descendente, que muestra una pérdida significativa.

Figura 8. Cambio de pH en función a los días expuestos

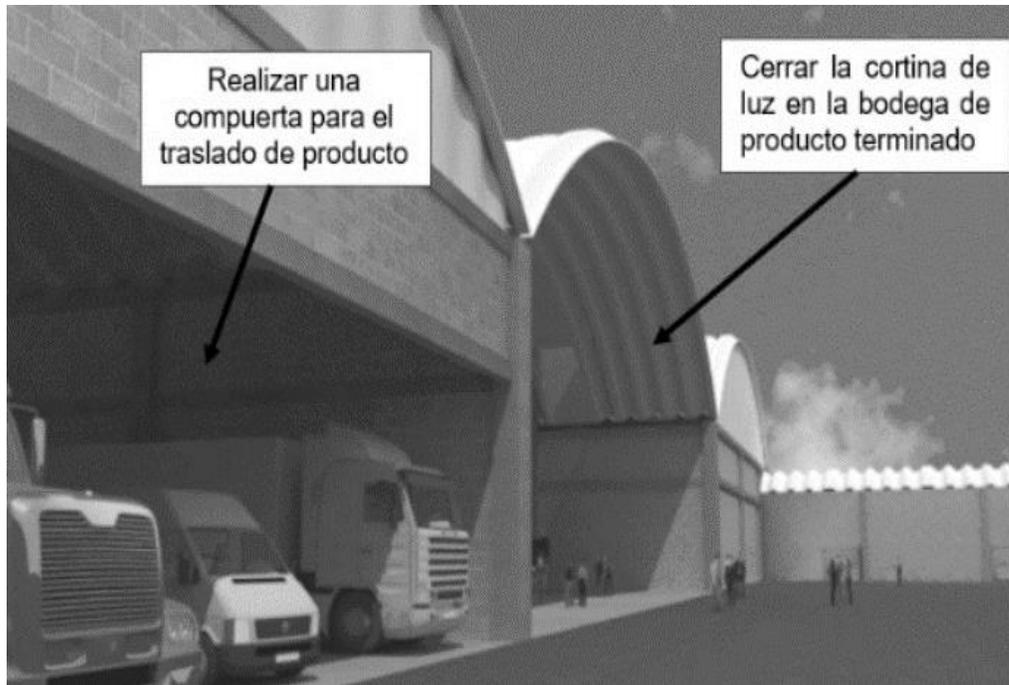


Fuente: elaboración propia.

Además, la acidez de la bebida, como se muestra en la Figura 8, disminuyó el pH del producto. Según observaciones realizadas por los panelistas, el sabor a óxido es más ácido. Se puede evidenciar que es debido a la disminución del pH siendo mayor el efecto en botellas PET.

- Proponer el proceso a seguir para desarrollar el diseño de un método de control de calidad para prevenir la oxidación de bebidas con material de empaque plástico.
 - Reestructuración de la bodega de producto terminado.

Figura 9. **Cambios propuestos en la bodega de producto terminado**



Fuente: elaboración propia.

Se propuso que puedan tener una compuerta para el traspaso del producto y cerrar la compuerta de luz en la bodega de producto terminado.

- Cubiertas plásticas en los camiones de reparto

Figura 10. **Cambios propuestos en los camiones de reparto**



Fuente: elaboración propia.

Se propuso colocar cubiertas en los camiones de reparto y no almacenar productos fuera de la zona.

- Diseñar un método de control de calidad para prevenir la oxidación de bebidas carbonatadas tipo cola previo a su fecha de expiración empacadas en PET transparente producidas en una embotelladora de Guatemala.

Figura 11. **Propuesta de manual para análisis de riesgos y fallas**

| | | | |
|---|----------------------|--------------|-------------|
| LOGO | NOMBRE DE LA EMPRESA | FECHA: | |
| | MANUAL | VERSIÓN: | |
| | | PÁGINA | |
| <p>MANUAL DE ANÁLISIS DE RIESGOS Y FALLOS EN LA PRODUCCIÓN DE BEBIDAS CARBONATADAS EMPACADAS EN PET</p> | | | |
| PRÓXIMA REVISIÓN: | ORIGINADO: | SUPERVISIÓN: | APROBACIÓN: |

Continuación de la figura 11.

I. Objetivo

Establecer los lineamientos básicos necesarios para analizar las causas y los efectos de los fallos previo a que se generen en la producción de las bebidas carbonatadas tipo cola empacadas en PET.

II. Alcance

Personas del departamento de control de calidad y producción que tengan experiencia y conocimiento sobre el producto.

3.1 Procedimiento

1. Seleccionar el equipo de trabajo, el cual debe estar compuesto por personas que tengan experiencia y conocimiento sobre el producto/proceso.
2. Determinar los modos potenciales de fallo. Se puede utilizar información de reclamos y sugerencias de clientes.
3. Enumerar los posibles tipos de fallos.
4. Para cada tipo de fallo, se desarrolla una descripción de cada uno de los efectos potenciales que dicho fallo podría tener.
5. Para cada efecto identificar las causas que lo provocan.
6. Identificar los controles operacionales establecidos con el objetivo de prevenir la generación de esas causas.
7. Para cada fallo potencial, se efectúa un cálculo aproximado (en una escala de 1 a 10, tomando 10 como lo peor) de la gravedad (G), la probabilidad (P) de aparición y la "detectabilidad"² (capacidad de detectar la causa potencial y prevenir el fallo, D).
8. Las clasificaciones se multiplican con el objetivo de calcular un coeficiente de prioridad del riesgo que pueda utilizarse para establecer prioridades al momento de implementar las acciones preventivas. El número de Prioridad de Riesgo (NPR) se calcula como la multiplicación de los índices $G \cdot P \cdot D$. Este valor puede ir entre 1 a 1000, siendo 1000 lo más riesgoso.
9. Proponer las acciones de mejora, de acuerdo con las prioridades encontradas.

Referencias

1. Mera, C. A. (2012). Producción más limpia en una embotelladora. Universidad de Guayaquil. Consultado el 14 de junio de 2017. Recuperado de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/4698/1/T197.pdf>
2. CAIGG. (2015). técnicas y herramientas para el control de procesos y la gestión de la calidad, para su uso en la auditoría interna y en la gestión de riesgos. Consultado el 20 de octubre de 2018. Recuperado de: <http://www.auditoriainternadegobierno.gob.cl/wp-content/uploads/2017/01/DOCUMENTO-TECNICO-N%C2%B0-75-V02-TECNICAS-Y-HERRAMIENTAS-PARA-EL-CONTROL-DE-PROCESOS-Y-LA-GESTION-DE-LA-CALIDAD.v2.pdf>

Fuente: elaboración propia.

Figura 12. Propuesta de registro para modal de fallos y efectos

| LOGO | NOMBRE DE LA EMPRESA | | | | CÓDIGO |
|--------------------------------|--|--|--|--|-------------------|
| | REGISTRO MÉTODO ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS | | | | VERSIÓN FECHA: |
| Función del producto | | | | | |
| Modo de fallo | | | | | |
| Efecto del fallo | | | | | |
| G | | | | | |
| Características críticas | | | | | |
| Causa del fallo | | | | | |
| O | | | | | |
| Medidas de detección de fallos | | | | | |
| D | | | | | |
| NRP | | | | | |
| Acciones | | | | | |
| Responsable | | | | | |
| Acciones implementadas | | | | | |
| G | | | | | |
| O | | | | | |
| D | | | | | |
| NRP | | | | | |

Fuente: elaboración propia.

Se diseñó el método de análisis de modal de fallos y efectos. Su objetivo es analizar los posibles fallos de productos y procesos, así clasificarlos según su importancia.

4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Se realizaron análisis internos y externos donde se identificó que la presencia de microorganismos en el producto tiene como resultado la alteración de sabor y color en la bebida terminada. Esto afectaría la vida útil establecida en condiciones óptimas.

Se realizan análisis fisicoquímicos para lo cual, al azúcar se le hace una prueba de olor con ácido, se determina si posee aroma a melaza. Al tener presencia de esta partícula en la bebida por ser “residuo azucarado segregado por ciertos parásitos” (Ravazzi, 2007, p.145) se tendría como resultado un perfil de sabor no característico.

Posterior a la liberación de materias primas, estas se colocan en una tolva, es decir en un tanque que contiene el 90 % de agua y 10 % de azúcar a una temperatura de 80 °C. Se realiza un proceso térmico (cocción) y se forma el jarabe. Se le coloca carbón activado color negro la solución, para el posterior filtrado con un cono de film que retiene las partículas de carbón.

En esta etapa, es de suma importancia validar que la bebida alcance la temperatura establecida, ya que “el principal objetivo del tratamiento térmico es la eliminación de patógenos en los alimentos para alargar su vida útil” (Domínguez, 2006). Siendo este un punto crítico de control donde una falla afectaría directamente el resto del proceso.

El jarabe terminado es enviado a un tanque principal de almacenamiento que suministra a todos los tanques de llenado por medio de una tubería que conecta ambos tanques.

En este punto, se propuso realizar una validación de la limpieza interna de las tuberías, ya que el producto incrustado podría ser una fuente de contaminación para el producto terminado.

Posteriormente, se realizó un análisis sensorial descriptivo de atributos con un nivel de significación del 90 % a 12 colaboradores que son panelistas entrenados de la embotelladora y forman parte del departamento de control de calidad.

El producto evaluado se almacenó por una semana en cuatro diferentes ambientes. Se obtuvo como resultado que las bebidas que fueron expuestas al sol tuvieron un mayor efecto negativo en el sabor, color, olor y contenido de gas.

Según se observa en la figura 5 la prueba descriptiva de análisis de atributos tuvo como resultado que del producto almacenado en cuatro diferentes ambientes el que se expuso al sol fue el que degradó sus condiciones óptimas. Se evaluó por los panelistas con un promedio de 1 en sabor, que corresponde a la escala de disgusto.

Debido a los resultados, se concretó que la principal causa que provoca sabor a oxidado es la exposición al sol. Se definió seguir evaluando los efectos que la exposición al sol causa en las bebidas tipo cola. Se almacenó una muestra de producto expuesto al sol durante cuatro días y se realizó un panel sensorial utilizando la metodología in&out para el análisis de los resultados de sabor, contenido de gas (CO₂) y pH.

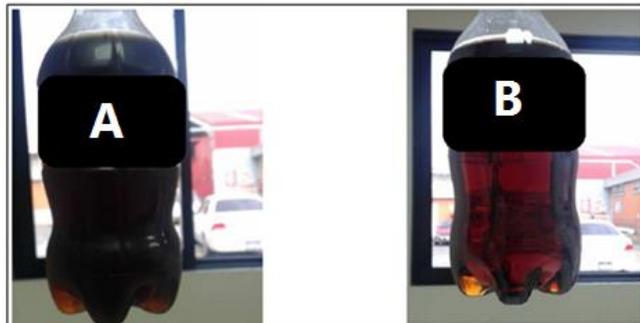
Los resultados de la evaluación sensorial utilizando la metodología in&out de la embotelladora indicaron que durante las horas que estuvo el producto expuesto al sol el perfil de sabor tuvo un efecto negativo que no fue aceptado por

los panelistas. Es decir, a mayores horas de exposición al sol mayor fue el efecto en el sabor.

Otro atributo sensorial que fue afectado fue el contenido de CO₂. Como se observa en la figura 7. Además, de la acidez de la bebida como se muestra en la figura 8, disminuyó el pH del producto.

Según (Novoa, 2018) la presencia de ácido ascórbico en bebidas que contiene colorantes sintéticos favorece la pérdida de color una vez expuestas a luz ultravioleta.

Figura 13. **Comparación en refrigeración vrs. producto expuesto al sol**



Fuente: elaboración propia.

Como se muestra en la figura 13, la botella identificada con la letra A, muestra el producto que fue almacenado en refrigeración. La botella que muestra la letra B muestra el producto expuesto al sol.

Se pueden observar los cambios en el color, el contenido de trazas de metales también acelera el efecto de pérdida de estabilidad de colorantes sintéticos. Además, las vitaminas y otros nutrientes son sensibles al efecto de la temperatura, el oxígeno y la luz.

Los cambios en la estructura molecular de un nutriente pueden resultar en la pérdida de su efecto biológico. Así mismo, las vitaminas como la A, B2 (riboflavina), B6, B12 y el ácido fólico son vulnerables a la degradación por luz ultravioleta.

Se determinó que la degradación de ingredientes que proporcionan fragancia son los que conlleva a la pérdida de calidad sensorial por la formación de sabores y olores desagradables. Se observó que la bodega de producto terminado cuenta con una cortina que permite el paso de luz en un área determinada donde se almacena el producto que será distribuido.

Desde ese punto la bebida comienza a tener efectos negativos en sus atributos sensoriales, por lo cual es de vital importancia considerar que la bodega no tenga este paso de luz. Así mismo, se propuso que puedan tener una compuerta para el traspaso del producto.

El embalaje se realiza con una empacadora eléctrica en paquetes de 12 botellas. Se enrolla con plástico para ser trasladadas al área de bodega para su almacenamiento donde es colocado durante 48 a 60 horas.

En las tiendas de barrio reciben el producto y tienden a dejarlo de 2 a 3 horas expuesto al sol antes de colocarlo en las cámaras de enfriamiento. Esto ha provocado que previo al almacenamiento el producto esté degradado en sus atributos sensoriales.

Finalmente, se recomendó poner en práctica el método mencionado anteriormente para tener un control de calidad en el empaque de las bebidas que se producen con PET, se pretende analizar las causas previo a su clasificación según la importancia.

Para esto se debe generar una lista para priorizar los modos de fallos en los cuales se debe crear acciones de mejoras. La embotelladora tiene una capacidad de producción de 1,200 botellas por hora con una eficiencia de 99 %, produciendo un total por día de 28,800 botellas. El lote asignado corresponde a un día de producción.

Según la documentación del departamento de control de calidad se reciben 10 reclamos al mes, de los cuales un promedio de 3 corresponde a reclamos por oxidación en el perfil de sabor, lo que representa un costo aproximado de USD 45,000 por año. Debido a que cada lote de producción correspondiente al reclamo es retenido y descartado si el panel sensorial detecta notas desagradables presentes en la bebida.

La embotelladora obtendrá un ahorro monetario de USD 45,000 anuales lo cual es considerable para aplicarse como un proyecto de ahorro, además de obtener una mejora en la eficiencia del departamento de control de calidad de cuantifica los reclamos de los clientes.

Se comprobó que la eficiencia en planta aumentaría en 1 % del índice actual de eficiencia, por lo cual los beneficiarios serian la parte operativa.

CONCLUSIONES

1. Se realizó el análisis de las causas que producen oxidación en las bebidas carbonatadas tipo cola. La presencia de microorganismos patógenos, la melaza, incrustaciones en las tuberías y la exposición al sol son causas fundamentales.
2. Las pruebas para determinar la evaluación sensorial y definir las causas que producen sabor a óxido con un nivel de significancia del 90 %. Según las tablas de probabilidades de una y dos colas son el perfil descriptivo de atributos y metodología in&out.
3. La propuesta de colocar cubiertas plásticas en los camiones de reparto que no permitan el paso de luz en la bodega de producto terminado y realizar revisión interna de tuberías la embotelladora tendrá mejora del 33.33 % del total reclamos recibidos mensualmente al Departamento de Control de Calidad.
4. Al implementar el método de análisis de riesgos y fallos en la producción de bebidas carbonatadas empacadas en PET, la embotelladora tendrá un ahorro en costo de USD 45,000 anuales.

RECOMENDACIONES

1. Analizar las tuberías de paso de bebidas dos veces al año, ya que pueden estar contaminadas con producto incrustado, causando contaminación cruzada en el producto final.
2. Utilizar el estudio de análisis sensorial por medio del perfil descriptivo de atributos con un periodo semestral para validar el cumplimiento en las etapas del proceso.
3. Cambiar la posición en la bodega del producto almacenado en botellas PET con el producto fabricado en botellas de vidrio. Este material es resistente a la exposición solar a diferencia del PET.
4. Poner en práctica e implementar la propuesta del método de análisis de riesgos y fallos para generar un ahorro de USD 45,000 anuales. Además de prevenir pérdida de confianza del consumidor, daño a la marca e incrementar el porcentaje de reclamos.

REFERENCIAS

1. Beltrán, N.G. (2015). *Pruebas, inspecciones y auditorias de bebidas*. España: Consebro. Recuperado de <https://www.asiainspection.es/testing/beverage-quality-control>
2. Contreras, C. (2005). *Bebidas carbonatadas*. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. Recuperado de <http://www.lamolina.edu.pe/postgrado>
3. Díaz, L. A. (2015). *Patrón de consumo de bebidas azucaradas en niños de primaria que asisten a escuelas públicas del municipio de Amatitlán* (Tesis de licenciatura). Universidad Rafael Landívar, Guatemala. Recuperado de <http://recursosbiblio.url.edu.gt>
4. Gudiel, M. R. (2006). *Aplicación y evaluación del procedimiento de un plan de análisis de riesgos y puntos críticos de control, en la industria de bebidas carbonatadas* (Tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. Recuperado de <http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/0>
5. Grillo, D. (2005). *Bebidas gaseosas; Análisis de la cadena alimentaria*. Argentina: EDESA. S.A
6. Lara, T. (2016). *Proceso de elaboración de alimentos y bebidas*. Cancún, México: AVL EDICIÓN.

7. Maldonado, E.R. (2012). *Estudio de prefactibilidad para la implementación de un laboratorio de análisis fisicoquímico en la planta de producción de una fábrica de bebidas carbonatadas en la ciudad de Guatemala* (Tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. Recuperado de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/22/22_0180.pdf
8. Menéndez, A. (2006). *El libro blanco de las bebidas refrescantes*. Madrid, España: ANCARA.
9. Mera, C. J. (2012) *Producción más limpia en una embotelladora* (Tesis de licenciatura). Universidad de Guayaquil, Ecuador. Recuperado de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/4698>
10. Minda, R.B. (2009). *Guía de envases y embalaje*. San Isidro, Perú: Mincetur.
11. Ordoñez, A.P (2015). *Industria de alimentos y bebidas*. Argentina: Ugerman. Recuperado de <http://www.alimentosdeguatemala.com>
12. Orlando, P.M. (2015). *Bebidas de fantasía (gaseosas del tipo cola)*. Chile: Odecu. Recuperado <https://www.cooperativa.cl/noticias/site/artic/>
13. Ortega, P. A. (2004). *Censo comercial de puntos de venta para una gremial de embotelladores de bebidas gaseosas* (Tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. Recuperado de <http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08>

14. Prado, F.G. (2012). *Sector de alimentos y bebidas*. Guatemala: Artemis.
Recuperado de www.sib.gob.gt
15. Rodriguez, J. A. (2004). *Planeación estratégica para una fábrica de bebidas carbonatadas embotelladora la tapita* (Tesis licenciatura). Universidad Rafael Landívar, Guatemala. Recuperado de <http://biblio3.url.edu.gt/Publi/Tesis/2004/01/01/Rodriguez>
16. Rojas, J. (2010). *Composición y calidad nutritiva de los alimentos*. Madrid, España: Panamericana.
17. Romina, L. (2012) *Consumo de bebidas gaseosas en escolares de 10 a 12 años de la ciudad del Rosario* (Tesis de Licenciatura). Universidad Abierta Interamericana, Argentina. Recuperado de <http://biblio3.url.edu.gt/Publi/Tesis/2004>
18. Sandoval, A. (2006). *Cuantificación de cafeína en bebidas carbonatadas de mayor consumo por niños en edad escolar y preadolescentes, en colegios privados de la ciudad capital* (Tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. Recuperado de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/06/06_2479.pdf
19. Sánchez, T. (2003). *Proceso de elaboración de alimentos y bebidas*. Barcelona, España: AMV EDICIONES.

20. Sánchez, F. M. (2007). *La importancia de la planeación, en la auditoría fiscal de una industria de bebidas gaseosas* (Tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. Recuperado de <http://Biblioteca.Usac.Edu.Gt/Tesis/03>