

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA
CARRERA INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE:
INGENIERO AGROINDUSTRIAL

“Propuesta tecnológica para la producción de una bebida gasificada a partir de jugo de caña de azúcar”.

AUTOR:
JHON JAIRO SALAZAR SHIGUANGO

DIRECTORES:

M.Sc. VICTOR CERDA MEJÍA
Dr. AMAURY PÉREZ MARTÍNEZ

PUYO -ECUADOR
2019

DECLARACIÓN DE AUDITORÍA Y CESIÓN DE DERECHO

Yo, Jhon Jairo Salazar Shiguango, con C.I: 160065584-7, certifico que los criterios y opiniones que constan en el Proyecto de Investigación y Desarrollo bajo el tema “Propuesta tecnológica para la producción de una bebida gasificada a partir de jugo de caña de azúcar”, son de mi autoría y exclusiva responsabilidad

Jhon Jairo Salazar Shiguango
C.I 160065584-7

CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

Por medio del presente, Yo, Víctor Rodrigo Cerda Mejía, con C.I: 1802850022 certifico que el egresado Jhon Jairo Salazar Shiguango, realizó el proyecto de investigación y desarrollo titulado: **“Propuesta tecnológica para la producción de una bebida gasificada a partir de jugo de caña de azúcar”**, previo a la obtención del título de Ingeniero Agroindustrial bajo mi supervisión.

M.Sc. Víctor Cerda Mejía.

DIRECTOR DEL PROYECTO

CERTIFICADO DE APROBACIÓN POR TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

El proyecto de investigación y desarrollo, titulado: **“Propuesta tecnológica para la producción de una bebida gasificada a partir de jugo de caña de azúcar”** fue aprobado por los siguientes miembros del tribunal.

M.Sc. Juan Elías González
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

M.Sc. Paulina Ulloa
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

M.Sc. Franklin Villafuerte
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

AGRADECIMIENTO

Como dice una frase árabe “Si quieres ir rápido ve solo y si quieres ir lejos ve acompañado”

Primeramente agradeciendo a Dios por guiarme y acompañarme a lo largo de mi carrera universitaria, dándome fuerzas para prevalecer ante los obstáculos y dificultades y por bendecirme durante esta etapa de mi vida.

A mis padres José Salazar y Carmen Shiguango que me han apoyado e inculcado a no rendirme por alcanzar mis metas y siempre por haberme brindado la oportunidad de tener una excelente educación en este intervalo de mi vida y por ser el pilar fundamental para culminar con mi carrera profesional.

A mis hermanos/as Jimmy, Karina, Macarena, Jay y Ámbar por brindarme sus consejos y enseñanzas en cada momento de superación, principios y constancia en mis estudios y por estar a mi lado en mis tropiezos y en cada uno de mis logros.

A mis tíos por brindarme consejos de superación y conocimiento que me otorgaron para lograr mi meta.

A mis maestros y tutores por brindarme todos sus conocimientos durante toda mi carrera profesional. Apoyándome en cada etapa de mi vida estudiantil e incentivándome a ser mejor persona.

A mis amigos/as Robinson, Gonzalo, Braulio, Aykel, Carmen, Denisse, Valeria y Morelia que durante estos 5 años compartimos la etapa más maravillosa de nuestras vidas, aprendiendo nuevas cosas y apoyándonos en las fortaleza de cada uno de nosotros.

Y a la Universidad Estatal Amazónica, por acogernos como estudiantes, llevándonos a la excelencia como profesional y brindarnos los mejores recuerdos de nuestras vidas durante esta etapa académica como profesional.

Gracias a todos ellos....

DEDICATORIA

Dedico este trabajo investigativo a Dios por llenarme de bendiciones y por ser en gran parte el pilar fundamental en mi vida.

A mis padres que me han brindado siempre su apoyo, su confianza y su amor en todas las dificultades que he pasado y por su gran confianza, motivación y enseñanza en cada circunstancia de mi vida.

A mis amigos por estar siempre a mi lado en las buenas y en las malas forjándonos como una familia.

A mis docentes en especial a mis tutores Amaury Pérez y Víctor Cerda, por estar siempre apoyándome, brindándome sus conocimientos y por exigirme siempre más y más y por ayudarme a lograr esta meta tan anhelada para mí y mis padres.

Para todos ustedes va dedicado este trabajo.

Jhon Salazar

RESUMEN

El presente trabajo tuvo como finalidad obtener un esquema tecnológico en la elaboración de una bebida gasificada a partir de jugo de caña de azúcar. Se identificaron las características de las tecnologías y parámetros de calidad mediante la búsqueda bibliográfica de diferentes esquemas tecnológicos, requisitos fisicoquímicos (color, °Brix, acidez, pH y flavonoides), y microbiológicos (Coliformes, aerobios mesófilos y mohos y levaduras) de las bebidas gasificadas y de jugo de caña de azúcar. Además, mediante las tecnologías identificadas se desarrolló las siguientes alternativas tecnológicas para la elaboración de la bebida gasificada a partir de jugo de caña de azúcar: jugo de caña + benzoato de sodio + gasificación, jugo de caña + pasteurización + gasificación y jugo de caña + benzoato de sodio + pasteurización + gasificación. No obstante para la elaboración de la bebida gasificada según las alternativas tecnológicas planteadas se utilizó 0,1% de benzoato de sodio, una temperatura de $90^{\circ}\text{C} \times 15$ segundos y una cantidad de 1,68 mL de CO_2 . Fundamentalmente se realizó los análisis correspondientes de cada uno de estas alternativas tecnológicas durante 16 días, el esquema más factible se validó de acuerdo a los resultados obtenidos durante el desarrollo experimental de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos. Por ende los resultados más factibles resaltaron en el esquema: jugo de caña + benzoato de sodio + pasteurización + gasificación, manteniendo valores constantes en los parámetros fisicoquímicos (color, flavonoides, acidez, pH y °Brix), mientras que en los análisis microbiológicos la aplicación del tratamiento térmico y químico en cada esquema disminuyeron considerablemente la cantidad de microorganismo presentes en la bebida. Sin embargo en la muestra no hubo desarrollo de bacterias coliformes, pero si un excesivo crecimiento de aerobios mesófilos y levaduras debido a la alta contaminación de la materia prima, deficiente manipulación durante el proceso de elaboración o por la inmediata alteración del producto.

Palabras claves: Jugo de caña, esquemas tecnológicos, bebida gasificada.

ABSTRACT

The purpose of this work was to obtain a technological scheme in the elaboration of a gasified beverage made from sugar cane juice. The characteristics of the technologies and quality parameters were identified through the bibliographic search of different technological schemes, physicochemical requirements (color, ° Brix, acidity, pH and flavonoids), and microbiological (Coliforms, mesophilic aerobes and molds and yeasts) of beverages gasified and sugarcane juice. In addition, through the technologies identified, the following technological alternatives were developed for the preparation of the gasified beverage from sugarcane juice: cane juice + sodium benzoate + gasification, cane juice + pasteurization + gasification and cane juice + sodium benzoate + pasteurization + gasification. However, for the elaboration of the gasified drink according to the technological alternatives proposed, 0.1% of sodium benzoate, a temperature of 90 ° C × 15 seconds and an amount of 1.68 mL of CO₂ were used. Fundamentally, the corresponding analyzes of each of these technological alternatives were carried out for 16 days, the most feasible scheme was validated according to the results obtained during the experimental development of the physicochemical and microbiological parameters. Therefore the most feasible results highlighted in the scheme: cane juice + sodium benzoate + pasteurization + gasification, maintaining constant values in the physicochemical parameters (color, flavonoids, acidity, pH and ° Brix), while in the microbiological analyzes the application of the thermal and chemical treatment in each scheme considerably reduced the amount of microorganism present in the drink. However in the sample there was no development of coliform bacteria, but an excessive growth of mesophilic aerobes and yeasts due to high contamination of the raw material, poor handling during the manufacturing process or by the immediate alteration of the product.

Keywords: Sugarcane juice, technological schemes, carbonated drink.

ÍNDICE

| | |
|--|-----------|
| CAPÍTULO I | 1 |
| 1. INTRODUCCIÓN | 1 |
| 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN Y SU JUSTIFICACIÓN | 3 |
| 1.1.1. <i>PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN</i> | 3 |
| 1.1.2. <i>JUSTIFICACIÓN</i> | 4 |
| 1.1.3. <i>FORMULACIÓN DEL PROBLEMA</i> | 4 |
| 1.2. OBJETIVO GENERAL | 4 |
| 1.3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 4 |
| CAPÍTULO II | 5 |
| 2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA | 5 |
| 2.1. ANTECEDENTES | 5 |
| 2.2. BASES TEÓRICAS | 5 |
| 2.2.1. <i>BEBIDAS REFRESCANTE CARBONATADAS</i> | 5 |
| 2.2.2. <i>JUGO DE CAÑA DE AZÚCAR</i> | 8 |
| 2.2.3. <i>MÉTODOS DE CONSERVACIÓN</i> | 14 |
| CAPÍTULO III | 19 |
| 3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN | 19 |
| 3.1. LOCALIZACIÓN | 19 |
| 3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN | 19 |
| 3.3. MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN | 20 |
| 3.3.1. <i>MÉTODO DE SÍNTESIS, COMPARATIVO Y TRABAJO EN CAMPO.</i> | 20 |
| 3.4. FUENTES DE RECOPIACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN | 20 |
| 3.4.1. <i>METODOLOGÍA APLICADA PARA LA PRODUCCIÓN DE UNA BEBIDA JUGO DE CAÑA DE AZÚCAR GASIFICADA.</i> | 20 |
| CAPÍTULO IV | 32 |
| 4. RESULTADOS | 32 |
| 4.1. ESQUEMAS TECNOLÓGICOS DEL JUGO DE CAÑA | 32 |

4.2. DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICO QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICOS DEL JUGO DE CAÑA Y DE LA BEBIDA GASIFICADA.

33

4.2.1. *PARAMETROS FÍSICOSQUÍMICOS.*..... 33

4.2.2. *PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS.*..... 45

CAPÍTULO V 53

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... 53

5.1. CONCLUSIONES 53

5.2. RECOMENDACIONES 53

CAPÍTULO VI 55

6. BIBLIOGRAFÍA..... 55

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Requisitos físicos-químicos de las bebidas gaseosas. | 7 |
| Tabla 2. Requisitos microbiológicos para las bebidas gasificadas | 7 |
| Tabla 3. Componentes químicos del jugo de caña de azúcar. | 9 |
| Tabla 4. Análisis físico-químico del jugo de caña..... | 9 |
| Tabla 5. Compuestos colorease de tres variedades de caña de azúcar (jugo extraído). | 12 |
| Tabla 6. Parámetros físico-químicos de calidad en jugos de caña de azúcar. | 13 |
| Tabla 7. Criterio microbiológico nacional, Perú. | 13 |
| Tabla 8. Alternativas tecnológicas..... | 22 |
| Tabla 9. Cantidad de materia prima y persevantes utilizados | 23 |
| Tabla 10. Conversión para sustituir valores en la fórmula de color. | 27 |
| Tabla 11. Resultados del color del jugo de caña y de las bebidas gasificadas. | 33 |
| Tabla 12. Contenido de flavonoides presentes en el jugo de caña y en la bebida gasificada a partir de jugo de caña..... | 36 |
| Tabla 13. Variación del pH en diferentes esquemas tecnológicos. | 38 |
| Tabla 14. Variación de la acidez en base a los esquemas tecnológicos aplicados. | 41 |
| Tabla 15. Variación de solidos solubles presentes en los esquemas planteados. | 44 |
| Tabla 16. Comparación de resultados de las levaduras presentes en el jugo de caña y en la bebida gasificada. | 46 |
| Tabla 17. Resultados de bacterias aerobios mesófilos presentes en el jugo de caña y en las bebidas gasificadas. | 49 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Metodología de trabajo del proyecto investigativo..... | 21 |
| Figura 2. Esquema del proceso de obtención de jugo de caña de azúcar. Metodología de trabajo del proyecto investigativo..... | 23 |
| Figura 3. Esquema del proceso de obtención de jugo de caña de azúcar gasificada aplicando tratamiento químico. | 23 |
| Figura 4. Esquema del proceso de obtención de jugo de caña de azúcar gasificada aplicando tratamiento térmico. | 24 |
| Figura 5. Esquema del proceso de obtención de jugo de caña de azúcar gasificada aplicando tratamiento químico y térmico. | 24 |
| Figura 6. Esquema del proceso de obtención de jugo de caña de azúcar | 32 |
| Figura 7. Esquema del proceso de obtención las bebidas gaseosas..... | 33 |
| Figura 8. Variación del color según los datos obtenidos mediante la norma ICUMSA..... | 35 |
| Figura 9. Contenido y variación de flavonoides en cada esquema tecnológica. | 38 |
| Figura 10. Variación del pH en cada esquema tecnológica..... | 40 |
| Figura 11. Variación de la acidez en cada esquema tecnológica..... | 43 |
| Figura 12. Variación de solidos solubles en cada esquema tecnológica. | 45 |
| Figura 13. Tendencia de crecimiento de las levaduras en el jugo de caña de azúcar..... | 47 |
| Figura 14. Tendencia de crecimiento de levaduras en la bebida gasificada aplicando tratamiento quimio..... | 48 |
| Figura 15.- Tendencia de crecimiento de las levaduras en la bebida gasificada aplicando tratamiento térmico..... | 48 |
| Figura 16. Tendencia de crecimiento de las levaduras en la bebida gasificada aplicando tratamiento químico y térmico..... | 49 |
| Figura 17. Tendencia de crecimiento de aerobios mesófilos en el jugo de caña de azúcar. 51 | |
| Figura 18. Tendencia de crecimiento de aerobios mesófilos en la bebida gasificada aplicando tratamiento químico. | 51 |
| Figura 19. Tendencia de crecimiento de aerobios mesófilos en la bebida gasificada aplicando tratamiento térmico. | 52 |
| Figura 20. Tendencia de crecimiento de aerobios mesófilos en la bebida gasificada aplicando tratamiento químico y térmico. | 52 |

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

El consumo de bebidas carbonatadas ha ido en aumento. Actualmente México es el mayor consumidor mundial de bebidas específicamente en el consumo de Coca-Cola ocupando el primer lugar a nivel mundial con 115,4 L per cápita al año, seguidos por Chile con 79,1 L y Estados Unidos con 103,3 L. (Silva & Durán, 2014)

No obstante Ecuador es considerado uno de los países con un alto consumo per cápita con 63,8 L según el estudio de Euromonitor Internacional (2016). Además el mercado ecuatoriano posee el 81,5% de consumidores de sodas o bebidas azucaradas de 15 a 19 años y el 84% en menores de ocho años. (Castillo, 2018)

Fundamentalmente la alta demanda de refrescos (bebidas sin alcohol, carbonatadas y no carbonatadas que contienen edulcorantes calóricos y saborizantes) se consolidó desde la década de los años sesenta, al convertirse en parte de la dieta cotidiana incluso en niños desde edades tempranas. (C. Gutiérrez et al., 2009)

Ante todo es importante considerar la diversidad de refrescos como las bebidas con edulcorantes con contenido energético en la que incluyen refrescos carbonatados y no carbonatados, bebidas a base de fruta, jugos de fruta, aguas frescas, café, té o cualquier otra bebida, excepto las endulzadas con edulcorantes artificiales. (J. Rivera et al., 2008)

En términos de producción mundial, en el mundo se sembraron unas 21 032,610 ha de caña de azúcar en el 2009, siendo Brasil el mayor con 8 598,440 ha, seguido por India (4 400,000 ha), China (1 630,520 ha) y Pakistán (1 029,000 ha). Estos cuatro países siembran más del 74,42% de la superficie mundial. Otros países que se destacan en cuanto al área de siembra dedicada al cultivo de caña de azúcar son Tailandia (4,43%), Cuba (2,06%), Filipinas (1,92%), Australia (1,86%), entre otros. (Fretes & Martínez, 2011)

Por otra parte Ecuador es uno de los países que presenta condiciones muy favorables para el desarrollo de los cultivos en buenas condiciones, entre uno de ellos podemos citar la caña de azúcar que mediante procesos tecnológicos podemos obtener una gran diversidad de subproductos (Guerra, 2015). Debido a que es uno de los cultivos más importantes en la agricultura ecuatoriana y por ser la principal fuente de materia prima para la producción de azúcar, alcohol, panela y jugo de caña. (García et al., 2018)

En la Provincia de Pastaza se cultiva ampliamente la variedad POJ 93 (Limeña) para la obtención de panela (granulada y bloques), miel, jugos y alcohol. Se disponen de 927,05 ha

de cultivo y constituye el principal rubro agrícola de la provincia. (Mujica, Guerra, & Soto, 2008)

Además la caña de azúcar tiene un alto valor edulcorante y nutritivo, así como muchas alternativas de siembra, cosecha, industrialización y transformación. El jugo de caña de azúcar se comercializa como bebida refrescante en condiciones informales de salubridad, lo que crea cierta desconfianza al consumidor final ya que no tiene condiciones mínimas de salubridad para su consumo; sin embargo tiene una gran aceptación por su alto contenido de calorías y la presencia de azúcares como la glucosa, sacarosa y fructosa, además de vitaminas como la niacina, riboflavina, tiamina y minerales como potasio, sodio, magnesio, calcio y hierro. No obstante por sus condiciones de frescura y sabor agradable. (Flores & Tafur, 2016)

El jugo después de ser extraído debe ser consumido de inmediato debido al rápido pardeamiento enzimático. Siendo así el principal obstáculo en la consolidación del jugo de caña como producto de producción masiva. El pardeamiento enzimático es uno de los grandes desafíos que enfrenta la industria de alimentos debido a los cambios que producen en la apariencia y propiedades organolépticas de frutas y vegetales reduciendo el grado de aceptación del producto. (Millán & Roa, 2001)

El pardeamiento enzimático es causado por la acción de las enzimas polifenoloxidasas (PFO). Esta enzima, al ocurrir la ruptura de las células se ponen en contacto con los sustratos fenólicos y en presencia de oxígeno inicia la reacción que conduce a la formación de quinonas provocando coloración oscura con tonalidades de negro y marrón. (Tesén & Valdez)

En otras palabras los cambios que provocan su rápido deterioro y que ocurre en la caña, son debido a la acción enzimática y no enzimática propias de la misma que al ser expuestas al ambiente estas interactúan con el oxígeno logrando cambios bioquímicos (oxidación) que son visibles cambiando su sabor, color y textura. (Osorio, 2007)

Por ende existen estudios sobre diferentes métodos de conservación del jugo de caña de azúcar, estos métodos consta de una serie de procesos, uno de estos es el tratamiento térmico con el fin de ampliar la vida útil de un producto desde un punto de vista microbiano y enzimático (Flores & Tafur, 2016). Otro método realizado es la aplicación de tres de métodos químicos: T1 (Metabisulfito de Sodio – 15 días -6°C), T2 (Benzoato de Sodio – 15 días -6°C) y T3 (Sorbato de Potasio – 15 días -6°C) dando al producto una mayor conservación (García et al., 2018). Otro de los métodos es la optimización de las variables que controlan la inactivación de la enzima polifenoloxidasas (PFO) presentes en

el jugo de caña de azúcar en la que se puede emplear la metodología de superficie de respuesta; es una experimentación y de moderación que permite encontrar condiciones de operación óptimas de un proceso para mejorar la calidad de un producto. (Ayala & Pardo, 1995)

Mediante el aumento porcentual de las bebidas gasificadas en el mundo y en el Ecuador se ha percibido una gran variedad de refrescos carbonatados y no carbonatados, pero no se ha visto la implementación de un esquema tecnológico en la elaboración de una bebida gasificada a partir de jugo de caña de azúcar, siendo una alternativa por las grandes condiciones que posee la zona ecuatoriana para el desarrollo de los cultivos de caña de azúcar en buenas condiciones, concurriendo que es uno de los cultivos más importante en la agricultura. (C. Gutiérrez et al., 2009)

Además la caña de azúcar mediante procesos tecnológicos aplicados podemos obtener una gran diversidad de subproductos como la obtención de panela, miel, jugos y caña de fruta entre otros. En si el jugo de caña es uno de los productos que tiene una gran aceptación por su alto contenido de calorías, azúcares, vitaminas, minerales, por su frescura y sabor. No obstante el principal obstáculo en la consolidación del jugo de caña como producto de difusión masiva es el pardeamiento enzimático causados por la acción enzimática y no enzimática provocando al producto cambios en su apariencia y en sus propiedades fisicoquímicos (Flores & Tafur, 2016).

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN Y SU JUSTIFICACIÓN.

1.1.1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

El consumo de las bebidas carbonatadas en el Ecuador se ha incrementado exponencialmente en un 63,8 L según el estudio de Euromonitor Internacional. Además la provincia de Pastaza presenta condiciones favorables para producción del cultivo de caña de azúcar y su utilización como materia prima en la obtención de panela (granulada y bloques), miel, jugos y alcohol. Se disponen de 927,05 ha de cultivo y constituye el principal rubro agrícola de la provincia. (Mujica et al., 2008)

El problema que presenta esta investigación es el desconocimiento de un esquema tecnológico para la producción de una bebida gasificada a partir de jugo de caña de azúcar, por lo que genera un desaprovechamiento de esta materia prima como un producto de difusión masiva en los diferentes mercados de la provincia.

1.1.2. JUSTIFICACIÓN

La presente investigación pretende proponer un esquema tecnológico en la producción de una bebida gasificada a partir de jugo de caña de azúcar que cumpla con los atributos de calidad fisicoquímicos y microbiológicos en base a los datos recopilados de diferentes fuentes bibliográficas, debido a que la zona ecuatoriana presenta altas condiciones que favorecen el cultivo de caña de azúcar y en la producción de diferentes productos derivados. Además por el aumento porcentual en el consumo de las bebidas carbonatadas y no carbonatadas en el mundo y en el Ecuador.

Sin embargo el jugo de caña posee una gran aceptación como bebida refrescante por su alto contenido de calorías y por la presencia de azúcares como la glucosa, sacarosa y fructosa, además de vitaminas como la niacina, riboflavina, tiamina y otros; y minerales como potasio, sodio, magnesio, calcio, hierro, por sus condiciones de frescura y sabor agradable. (Flores & Tafur, 2016)

1.1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cómo elaborar una bebida gasificada a partir de jugo de caña de azúcar que cumpla con los estándares físico-químico y microbiológico?

1.2. OBJETIVO GENERAL

Proponer una tecnología para la producción de una bebida jugo de caña de azúcar gasificada que cumpla con los estándares de calidad fisicoquímicos y microbiológicos.

1.3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Identificar las características de las tecnologías y parámetros de calidad de las bebidas gasificadas y de jugo de caña.
2. Desarrollar las tecnologías identificadas para la elaboración de la bebida gasificada de jugo de caña de azúcar.
3. Validar la tecnología de acuerdo a los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de la bebida gasificada de jugo de caña de azúcar.

CAPÍTULO II

2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1. ANTECEDENTES

Las bebidas carbonatadas según J. Rodríguez (2013) se caracterizan principalmente por la presencia de dióxido de carbono disuelto que forman pequeñas burbujas. Su producción implica utilización de agua tratada, jarabes, aditivos y dióxido de carbono.

Según Leonardo (2012) estas bebidas tienen como componente principal agua purificada y gas carbónico disuelto, además contienen sustancias aromatizantes y aditivos, como colorantes entre otros.

La tecnología implicada en el proceso de extracción del jugo de caña es el molino o el trapiche en general en industrias es más utilizado los molinos para este proceso por la que la materia prima es sometida a un proceso de preparación que consiste en romper o desfibrar las celdas de los tallos por medio de picadoras. Luego unas bandas transportadoras la conducen a los molinos, donde se realiza el proceso de extracción de la sacarosa, consistente en exprimir y lavar el colchón de bagazo en una serie de molinos. (Campués & Tarupí, 2011)

Además el jugo de caña por su alto contenido en edulcorante y por sus condiciones de frescura es considerado uno de los productos más novedosos en la industria. Por lo general los tratamientos utilizados para aumentar la vida útil del producto se clasifican en: tratamiento químico (García et al., 2018), tratamiento térmico (Flores & Tafur, 2016), irradiación UV-C (D. Rivera, Gardea Béjar, Martínez, Rivera, & González, 2007), agentes antimicrobianos naturales (Sauceda, 2011) y atmósferas modificadas (Parry & Ballesteros, 1995).

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. BEBIDAS REFRESCANTE CARBONATADAS

Las bebidas gaseosas también conocidas como bebidas aromatizadas son elaboradas a base de agua con adición de gas carbónico y con edulcorantes nutritivos, no nutritivos o intensos y otros aditivos alimentarios permitidos. (Astudillo & Orellana, 2017)

Las bebidas gaseosas son bebidas analcohólicas no fermentadas listas para consumir; elaboradas con agua purificada y gas carbónico disuelto, además contienen sustancias

aromatizantes, saborizantes y otros aditivos como colorantes orgánicos naturales, edulcorantes calóricos y no calóricos, y antioxidantes como ácido ascórbico, entre otros . (Leonardo, 2012)

El refresco es una bebida normalmente dulce y con gas. La historia del refresco inicia cuando John Matthews en 1832 inventa una máquina para mezclar agua, gas (CO₂) y saborizante. El primer refresco se creó por W.B. Morrison en 1885 en Texas y se llamó “Dr. Pepper.” Un año después, en 1886, en una farmacia de nombre Jacobs en Atlanta, Georgia, comenzó la historia de la bebida más famosa del mundo, gracias al farmacéutico John S. (M. Rodríguez, Avalos, & López, 2014)

2.2.1.1. PROCESO DE PRODUCCIÓN

Rojas (2002) señala que el proceso de producción para las bebidas gaseosas, consta de una serie de etapas. El proceso inicia con la obtención de agua extraída de un pozo propio que luego de pasar por el proceso de purificación y filtrado en carbón activo; son mezclados con azúcar para obtener el jarabe simple al que se le agregan preservantes, concentrados, etc., y se obtiene el jarabe terminado. Luego el jarabe terminado es enfriado y mezclado con agua y CO₂ para ser embotellado.

Además en el proceso de carbonatación consiste en añadir una predeterminada cantidad de dióxido de carbono CO₂ a las bebidas, mejorando las características organológicas (Bottani et al., 2012). El gas disuelto contribuye a inhibir y destruir bacterias dañinas y proveer a la bebida de esa efervescencia casi natural que emula las aguas efervescentes de manantial. (Astudillo & Orellana, 2017)

Para que la bebida carbonatada adquiera mayor durabilidad debe someterse en refrigeración, la mejor temperatura para la carbonatación es de 4 a 7 °C a esta temperatura la absorción del gas es del 92-98%. (Reyes & Manuel, 2010)

Por otro lado la cantidad de CO₂ empleada, varía según el sabor y marca. El CO₂ mejora el sabor, contribuye a la acción ácida y preservativa, produce una sensación de hormigueo en la lengua, y da a la bebida una apariencia efervescente y espumosa. (Alcázar, 2002)

Durante la producción de las bebidas gaseosas se utilizan cuatro elementos importantes de alta calidad microbiológica; agua potable; sustancias bases con el concentrado de frutas y aromas artificiales; sustancias preservantes como el dióxido de carbono, nitrógeno, Sorbato de potasio y benzoato de sodio con el fin de disminuir o eliminar la carga microbiana del producto (Reyes & Manuel, 2010). En la tabla 1 se muestra los requisitos fisicoquímicos de las bebidas gaseosas contempladas en la (INEN, 2016).

Tabla 1. Requisitos físicos-químicos de las bebidas gaseosas.

| Requisitos | Unidad | Mínimo | Máximo | Método de ensayo de referencia |
|---|----------|--------|--------|--------------------------------|
| Sólidos solubles, fracción másica como porcentaje a 20 °C | - | - | 15 | (INEN, 2008) |
| Volumen de dióxido de carbono (CO ₂) | - | 1 | 5 | (INEN, 2008) |
| Acidez titulable, como ácido cítrico a 20 °C | g/100 mL | - | 0,5 | (INEN, 2008) |
| pH a 20 °C | - | 2,0 | 4,5 | (INEN, 2008) |

Fuente: (INEN, 2016)

Después de identificar los requisitos fisicoquímicos de las bebidas gaseosas se mostrará en la tabla 2 los límites permitidos de los agentes microbianos presentes en las bebidas gasificadas.

Las bebidas gaseosas según la Norma (Norma Boliviana, 2010) deben disponer los venideros requisitos microbiológicos.

Tabla 2. Requisitos microbiológicos para las bebidas gasificadas

| Parámetro | Recuento total |
|--------------------|----------------|
| Aerobios mesófilos | < 10 UFC / mL |
| Mohos y levaduras | < 10 UFC / mL |
| Coliformes | < 10 UFC / mL |

Fuente: (Norma Boliviana, 2010)

2.2.1.2. MATERIAS PRIMAS UTILIZADAS EN LA ELABORACIÓN DE BEBIDAS GASEOSAS

Durante la elaboración de las bebidas gaseosas se utilizan las siguientes materias primas como primer lugar el agua que es el componente mayoritario, suponiendo el 90 al 92% del total, el agua empleada tiene una repercusión directa sobre la calidad del producto final, por lo que siempre se necesita someterla a un pre tratamiento (Varnam & Sutherland, 1994); como segundo lugar el azúcar es universalmente utilizado como edulcorante en toda clase de productos alimenticios (Alcázar, 2002); como tercer lugar el dióxido de carbono

que es utilizado como un conservante que ayuda a inhibir el crecimiento de los microorganismos presentes en el producto (Tello, Aparicio, & QUISPE, 2006).

El CO₂ comercial se abastece en las tres formas: licuado en cilindros de alta presión, licuado a temperatura bajo cero y a presión alta y solidificado y manejado como hielo seco (Tello et al., 2006). Fundamentalmente otras de las materias primas más utilizadas en este proceso son los aditivos alimentarios como los aromatizantes que ayudan a mejorar o resalta el aroma de los alimentos (Varnam & Sutherland, 1994); los edulcorantes que proporcionan un gusto dulce en los alimentos; los colorantes dotando el color de las futas y por último los conservantes cuya función es prevenir el deterioro que es provocado por las enzimas y bacterias que existen en diferentes grados en todo los productos alimenticios. (Tello et al., 2006)

2.2.2. JUGO DE CAÑA DE AZÚCAR

La caña de azúcar es una gramínea tropical perenne con tallos gruesos y fibrosos que pueden crecer entre 3 y 5 m de altura. Además esta planta contiene una gran cantidad de sacarosa que se procesa para la obtención de azúcar por lo que es uno de los cultivos agroindustriales más importantes en las regiones tropicales. Además es un cultivo que se puede industrializar con la finalidad de obtener una diversidad de subproductos como la panela, aguardiente, mieles, caña fruta, confites, entre otros, uno de los principales es el azúcar en sus diferentes tipos; pero con las nuevas tendencias de los mercados se incursiona en muchos más productos como el etanol, jugos, etc. (Elizalde, 2015)

El jugo de caña es un líquido viscoso de color opaco y su composición como el contenido de sacarosa, el proceso de maduración, el nivel de compuestos no-sacarosos y la morfología de los tallo varía dependiendo de la variedad, la edad, fitosanidad, el suelo, las condiciones meteorológicas, manejo agronómico, aspectos morfológicos, variedad de la caña, practicas cultivos y condiciones agroclimáticas, estas características influyen directamente en la calidad de los productos a partir de la caña de azúcar. (García et al., 2018)

El procesamiento de la caña de azúcar para la obtención del jugo empieza en el campo. La variedad de caña, el suelo en el cual se cultiva y el grado de madurez que determinan la calidad del material producido. La calidad se reconoce desde el momento de la molienda por la cantidad de azúcar recuperable o rendimiento que se obtiene por toneladas de caña molida lo cual depende de características como: alto contenido de sacarosa, bajo contenido

de materiales extraños, bajo contenido de sólidos solubles y bajos niveles de fibras. (Larrahondo, 1995)

En la tabla 3 se muestra los componentes químicos presentes en el jugo de caña. Tomado de (Guaman, Guaman, & Villavicencio, 2009).

Tabla 3. Componentes químicos del jugo de caña de azúcar.

| Componentes | | Cantidad % |
|-------------|--------------------------|-----------------|
| Azúcares | Sacarosa | 70 – 88 |
| | Glucosa | 75–92 2 – 4 |
| | Fructuosa | 2 – 4 |
| | Sales | 3,0 – 4,5 |
| Ácidos | Carboxílicos | 1,1–3,0 |
| Orgánicos | Aminoácidos | 1,5-5,5 0,5–2,5 |
| Libres | | |
| Comp. | Proteínas | 0,5 – 0,6 |
| orgánicos | Almidón | |
| menores | Gomas | 0,3 – 0,6 |
| | Cera, grasas, fosfáticos | 0,05 – 0,15 |
| | Otros | 3,1– 5,0 |

Fuente: (Guaman et al., 2009).

Además, se muestra en la tabla 4 los parámetros que influyen en la calidad del jugo de caña, estos análisis fisicoquímicos son el pH y sólidos solubles de dos variedades de caña producidas en Panamá.

Tabla 4. Análisis físico-químico del jugo de caña

| Jugo de caña de azúcar | pH | Sólidos solubles (°Brix) |
|---|-----|--------------------------|
| Amarilla (<i>Saccharum officinarum</i>) | 5,2 | 19,2 |
| Morada (<i>saccharum robustum</i>) | 5,2 | 11,0 |

Fuente: (Solís-Fuentes, Calleja-Zurita, & Durán-de-Bazúa, 2010)

2.2.2.1. PROCESO DE OBTENCIÓN DEL JUGO DE CAÑA DE AZÚCAR.

El proceso de la obtención del jugo de caña implica la conservación de la bebida y sus propiedades. Actualmente existen investigación que fundamentan la conservación del jugo y la eficacia de los conservantes químicos como precursor de la vida útil del producto. Además los conservantes que se utilizan en este proceso son metabisulfito de sodio, benzoato de sodio y sorbato de potasio.

Fundamentalmente el proceso empieza en la selección y en la limpieza de la materia prima, siguiendo en el pesado y lavado, en el lavado se utilizan sustancia como el hipoclorito de Na al 100 ppm con la finalidad de eliminar algunas bacterias que pueden afectar a la calidad del jugo de caña, a continuación para la extracción del jugo son utilizados los molinos o rodillos y por último se realiza el filtrado con la finalidad de eliminar las materias extrañas, obteniendo el jugo de caña. (García et al., 2018)

Por lo general como primer paso en el proceso de la obtención del jugo de caña; la materia prima debe llegar al rodillos sin raíz, esto evita que se acelere el proceso de hidrolización de la sacarosa en azúcares reductoras y retarda la acción rápida de los polifenoles que afectan el color del jugo, también se tomó en cuenta la altura del corte de la caña considerando que este no afecte la calidad del jugo; como segundo paso se realiza la limpieza y la selección en la que consistió en eliminar las hojas, las partes terminal del tallo, los rebrotes y alrededor de unos 15 cm de la parte inferior de la caña; como tercer paso se realiza el lavado con agua caliente y clorada “potable”, con la finalidad de eliminar material extraño adheridas a la planta (tierra, pedazos de hojas, polvo, entre otros). Evitando contaminación por microorganismos patógenos y otros residuos.

Por lo general es recomendable que los molinos que se utilizan sean asépticos con el objetivo de no altera el producto final; como cuarto paso se procede a la extracción del jugo de la caña de azúcar en la que consiste en prensar el tallo en un molino o rodillos, utilizando la forma manual “hombre” en donde se pasa por medio de unos bolos de madera, como cuarto paso se procede a realizar el filtrado en este paso el jugo pasa a través de mallas finas, para separar el jugo del bagacillo y a la vez eliminar sustancias físicas que puede estar presente en el jugo de caña pasando posteriormente al envasado del jugo. (J. Solís, Calleja, & Durán, 2010)

Los equipos que utilizados durante la molienda de la caña de azúcar pueden ser molinos de martillo o rodillos, se consideran satisfactorias aquellas extracciones entre (58 a 63%), es decir cuando se obtiene de 580 a 630 kg de jugo por tonelada de caña. Industrialmente la caña es sometida por diferentes métodos tecnológicos en la molienda, por lo que la preparación de la caña a moler es un aspecto de gran importancia por su efecto cuantitativo y cualitativo como proceso dado que al aumentar la densidad del colchón de la caña mejora la capacidad de molida y al abrirse la celda del jugo se facilita la extracción por compresión en los molinos. (Morejón & Revé, 2013)

Por lo tanto cobra mayor significación la preparación de la caña en los siguientes aspectos: mayor capacidad de molienda, mayor extracción en el tándem, mejor aprovechamiento del rendimiento y estabilidad de la potencia en el tándem.

Además la preparación de la caña a moler se realiza para transformar la materia en una masa homogénea y con mayor densidad, a fin de favorecer la alimentación continua y uniforme de los molinos, mejorando la acción de la inhibición, facilitar la extracción del jugo y reducir las pérdidas de sacarosa en bagazo. (Carvajal & Gómez, 2003)

Por ende el objetivo del proceso de molienda industrialmente es maximizar la extracción, minimizando las pérdidas de sacarosa en el bagazo usualmente se pierde entre el (1 – 2%) sacarosa en bagazo, y a la vez, que el proceso se pueda realizar con bajo consumo de energía, que el bagazo de salida contenga la menor cantidad de agua (usualmente se observan humedades del bagazo de salida hasta del 54%) para que pueda desarrollar buena combustión en las calderas y que el agua adicionada para ayudar a la extracción sea la mínima. (Perán González, 2011)

No obstante existe investigación sobre el efecto de la materia extraña sobre el color del jugo de caña y las altas concentraciones de los colorantes naturales flavonoides, antocianinas, fenoles y clorofilas.

Colorantes naturales de la caña de azúcar

Fenoles: son los principales pigmentos presentes en el jugo de caña y los responsables del retorno del color al azúcar cuando ésta es almacenada. Actúan como mecanismo de defensa ante enfermedades y participan en el crecimiento de la planta (Sánchez, 2016).

Flavonoides: pigmentos responsables del color amarillo en las plantas. Entre sus funciones se encuentran la atracción de insectos, la protección contra factores como la radiación UV y animales o insectos peligrosos. (Sánchez, 2016)




Antocianinas: el color de las hojas y del tallo de la caña de azúcar es por efecto de este compuesto. A menudo se encuentran en mayor proporción en las hojas de senescencia y actúan como defensa ante enfermedades. (Sánchez, 2016)

Amino-nitrogenados: intervienen en la producción de proteínas, actúan como intermediarios metabólicos y son importantes en el crecimiento celular. Durante el proceso de obtención de azúcar favorecen la producción de generadores de color e incrementan los compuestos volátiles que contribuyen al olor de las meladuras. (Sánchez, 2016)

Clorofila: son pigmentos verdes que sufren procesos de oxidación y son los responsables del incremento del color del jugo con el paso del tiempo. (Sánchez, 2016)

En la tabla 5 se muestra el efecto de los compuestos coloreados de tres variedades de caña de caña de azúcar, jugo extraído con prensa hidráulica.

Tabla 5. Compuestos colorease de tres variedades de caña de azúcar (jugo extraído).

| Colorante (mg/L) | CC01-1940 | CC 85-92 | CC 93-4418 |
|----------------------------------|---|--|--|
| Flavonoides | 219 | 304 | 335 |
| Antocianinas | 2,5 | 5,6 | 9 |
| Fenoles | 386 | 516 | 575 |
| Aminonitrogenados | 71 | 121 | 74 |
| Clorofila | 1,6 | 0,3 | 7,1 |
| Hierro | 4,5 | 2,4 | 10,3 |
| Unidades ICUMSA (U.I.) |  35 000-6 000 |  9 500-12 000 |  13 000-17 000 |

Fuente: (Sánchez, 2016)

2.2.2.2. PARÁMETROS DE CALIDAD

Los parámetros de calidad fisicoquímicos y microbiológicos son indicadores cuya finalidad se emplean en diferentes productos, cumpliendo con las normas, mejorando la calidad del producto y la exigencia de los consumidores.

Estos parámetros son:

Los índices de refracción o °Brix: que se emplea para determinar la calidad y la cantidad de sólidos solubles en un producto en este caso la elaboración de jugo de caña de azúcar. (M. Solís & Villar, 2017)

pH: potencial de hidrógeno, es una medida de la acidez o alcalinidad de una solución. El pH indica la concentración de iones hidronio $[H_3O^+]$ presentes en determinadas sustancias. (Amerine & Ough, 1976)

Acidez titulable: la acidez de una sustancia es el grado en el que es ácida. El concepto complementario es la basicidad. La escala más común para cuantificar la acidez o la basicidad es el pH, que sólo es aplicable para disolución acuosa. (Amerine & Ough, 1976)

Flavonoides: son metabolitos secundarios polifenoles, normalmente pigmentos de cloración amarilla. La cuantificación de flavonoides se basa en el método colorimétrico del cloruro de aluminio en medio básico. En la que se emplea soluciones de nitrito de sodio

(5%), tricloruro de aluminio (10%) e hidróxido de sodio (4%), todos en concentración m/v. El contenido de flavonoides se expresa como equivalentes de catequina y rutina, con una pureza mayor al 99,9%. (Alfaro, García, & Renderos, 2015)

Color: la determinación del color se basa en la técnica oficial ICUMSA (International Commission for Uniform Methods of Sugar Analysis). En esta técnica la estimación del color se hace en base a la absorbancia y a los grados Brix de las muestras. (Norma Mexicana, 2012)

En la tabla 6 se resumen algunos de los parámetros fisicoquímicos de los jugos de caña de buena calidad. (V. Gutiérrez & Carolina, 2016)

Tabla 6. Parámetros físico-químicos de calidad en jugos de caña de azúcar.

| VARIABLES EN JUGOS | MÍNIMO | MÁXIMO | UNIDADES |
|--------------------------|--------|--------|----------|
| pH | 4,5 | 6,0 | ---- |
| Sólidos solubles totales | 17,0 | 22,0 | °Brix |
| Azúcares reductores | 0,5 | 1,7 | % |
| Sacarosa | 75,0 | 87,0 | % |
| Pureza | 82,0 | 95,0 | % |
| Fosfatos | 100,0 | 700,0 | ppm |

Fuente: (V. Gutiérrez & Carolina, 2016).

Además en la tabla 7 se muestra los requisitos permitidos de agentes microbianos presentes en las bebidas no carbonadas.

Tabla 7. Criterio microbiológico nacional, Perú.

| Agente microbiano | Categoría | Clases | n | c | Límite por mL | |
|----------------------------|-----------|--------|---|---|---------------|-----------------|
| | | | | | Minimo | Máximo |
| Aerobios mesófilos (UFC/g) | 2 | 3 | 5 | 2 | 10 | 10 ² |
| Mohos (UFC/g) | 2 | 3 | 5 | 2 | 1 | 10 |
| Levaduras (UFC/g) | 2 | 3 | 5 | 2 | 1 | 10 |
| Coliformes (NMP/ml) | 5 | 2 | 5 | 0 | <3 | --- |

Fuente: (Flores & Tafur, 2016)

Donde:

NMP: número más probable

UFC: unidades formadoras de colonias

N: número de unidades

M: nivel de aceptación

M: nivel de rechazo

C: número de unidades permitidas entre m y M

Por ende la vida útil es un período en el cual, bajo circunstancias definidas, se produce una tolerable disminución de la calidad del producto. La calidad engloba muchos aspectos del alimento, como sus características físicas, químicas, microbiológicas, sensoriales, nutricionales y referentes a inocuidad. En el instante en que alguno de estos parámetros se considera como inaceptable el producto ha llegado al fin de su vida útil como el aumento de aerobios totales, coliformes totales, mohos y levaduras. (Singh, 2000)

2.2.2.3. PROCESO DE OXIDACIÓN

Además uno de los cambios más importantes durante el proceso de oxidación en el jugo de la caña de azúcar es el oscurecimiento que se produce inmediatamente después de la extracción, que se relaciona con la formación de melanoidinas, de la reacción de Maillard entre los azúcares reductores y las proteínas y aminoácidos presentes en la caña de azúcar, afectando al producto final. (J. Solís et al., 2010)

Por lo general la oxidación es el proceso a través del cual un átomo, o grupo de átomos, pierde uno o más electrones (se oxida) y los cede a otro (el cual se considera reducido). En sustratos orgánicos, la oxidación y reducción involucra la participación de átomos de carbono enlazados en forma covalente a otros átomos (Karp, 1998). En si la oxidación u oscurecimiento se puede definir como la oxidación, por radicales libres, de diferentes componentes celulares, así como, la oxidación de compuestos fenólicos catalizado por la enzima polifenoloxidasas (PPO) para producir quinonas, las cuales son especies químicas muy reactivas y propensas a reaccionar, generando daño e incluso la muerte celular. (Bray, Bailey, & Weretilnyk, 2000)

2.2.3. MÉTODOS DE CONSERVACIÓN

2.2.3.1. MÉTODOS QUÍMICOS

Gil and López (2005) definen a todos los conservantes como sustancias que prolongan la vida útil de los alimentos y bebidas protegiéndolos frente al deterioro causado por microorganismos. Previenen, retardan o impiden la proliferación de microorganismos (bacterias, levaduras, hongos y mohos) presentes en los alimentos.

La acción antimicrobiana de los conservadores se debe a que inhiben el metabolismo y el crecimiento de bacterias, mohos y levaduras. Pero el uso de conservadores nunca debe ser un medio de enmascarar condiciones deficientes de elaboración o manipulación de los alimentos, tampoco se deben utilizar para engañar al consumidor acerca de la frescura real de los mismos. (Astiasarán, 2003)

Además existen estudios sobre la aplicación de métodos químicos para la conservación del jugo de caña de azúcar, este método consiste en conocer la eficacia de los conservantes, con relación al tiempo de conservación, por lo cual intervienen tres factores: Factor A, tiempo (15 y 30 días), Factor B, temperatura (6 °C y ambiente) y Factor C, conservantes (Metabisulfito de sodio, benzoato de sodio y sorbato de Potasio). (García et al., 2018)

Uno de los conservantes más utilizados en la industria es el benzoato de Na, es muy efectivo en condiciones de pH (3 a 3,6), es un agente micoestático que actúa sobre las enzimas de la célula microbiana y además interfiere la permeabilidad de la pared celular, acidificando el contenido celular de bacterias. Por otro lado, otro de los conservantes utilizados en la industria es el sorbato de potasio lo cual actúa inhibiendo el crecimiento de mohos y levaduras, siendo más efectiva su acción antimicrobiana en pH de (3 a 3,5). (Robles Madrigal & Chalini Herrera, 2017)

2.2.3.2. TRATAMIENTO TÉRMICO

La pasteurización implica un tratamiento térmico más suave generalmente a temperatura por debajo del punto de ebullición del agua. Los tratamientos pasteurizantes persiguen dependiendo del alimento, dos objetivos primarios diferentes. En algunos productos, los procesos de pasteurización están específicamente diseñados para destruir los microorganismos patógenos que pueda haber en el alimento. El segundo objetivo es ampliar la vida útil de un producto desde un punto de vista microbiano y enzimático. (Flores & Tafur, 2016)

La intensidad del tratamiento térmico y el grado de prolongación de su vida útil se hallan determinados principalmente por el pH del alimento. El objetivo principal en los alimentos de baja acidez (pH mayor de 4,5) consiste en la destrucción de bacterias patógenas, mientras que en los alimentos de pH inferior a 4,5 suele ser más importante la destrucción de los microorganismos causante de su alteración y la inactivación de sus enzimas.

El tratamiento térmico aplicado en el jugo de caña de azúcar consiste en ampliar la vida útil de un producto desde un punto de vista microbiano, la pasteurización se realizó a 95°C

por quince minutos y almacenado por tres meses, cuyo objetivo fue favorable aptos para el consumo humano. (Flores & Tafur, 2016)

2.2.3.3. IRRADIACIÓN UV-C

La irradiación UV-C posee un efecto germicida por lo que se ha empleado como un método de desinfección superficial a temperatura ambiente, por lo que se considera una buena alternativa para la conservación de alimentos (Martínez, Rivera, & González, 2007). Además la luz ultravioleta es una radiación no ionizante con una longitud de onda de (100 a 400 nm); se clasifica en tres tipos: UV-A (315-400 nm), UV-B (280-315 nm) y UV-C (200-280 nm). La irradiación UV-C tiene su máximo pico de emisión a 254 nm y se ha comprobado que es en esta longitud de onda donde presenta su mayor acción germicida. (Artés & Allende, 2005)

Fundamentalmente la aplicación de la luz UV-C en frutas y vegetales, ha sido estudiada con dos objetivos. Uno de ellos es reducir la carga inicial de microorganismos en la superficie del producto, y el otro, es inducir una respuesta al estrés. La aplicación de la luz UV-C con este último propósito se denomina “hormesis”. La hormesis puede ser definida como una respuesta beneficiosa de la planta que resulta de la aplicación de una dosis baja de un factor de estrés. Existen una variedad de tratamientos físicos, incluyendo la radiación UV-C, que pueden servir como factores de estrés. Las dosis óptimas para lograr efectos horméticos se encuentran en el rango (0,12 a 9 KJ/m²). Este es un rango mucho más estrecho que el utilizado en la irradiación de alimentos para obtener efectos germicidas. (Shama & Alderson, 2005)

2.2.3.4. AGENTES ANTIMICROBIANOS NATURALES

La preservación de alimentos puede definirse como el conjunto de tratamiento que prolonga la vida útil de aquellos, manteniendo, en el mayor grado posible, sus atributos de calidad, incluyendo color, textura, sabor y especialmente valor nutritivo.

Los sistemas antimicrobianos naturales pueden clasificarse por su origen:

- 1.-Origen animal, incluye proteínas, enzimas líticas tales como lisozima, hidrolasas tales como lipasas y proteasas y polisacáridos como el quitosán.
- 2.-Origen vegetal, incluye compuestos fenólicos provenientes de cortezas, tallos, hojas, flores, ácidos orgánicos presentes en frutos y fitoalexinas producidas en plantas.
- 3.-Origen microbiano, incluye compuestos producidos por microorganismos.

La mayoría de agentes antimicrobianos usados en alimentos solo inhiben el crecimiento de bacterias y mohos, más no eliminan su crecimiento, por lo que el producto tiene una vida de anaquel restringida. (Sauceda, 2011)

2.2.3.5. ATMOSFERAS MODIFICADAS

Según Parry and Ballesteros (1995), el almacenamiento en atmósferas modificadas (AM) consiste en crear y mantener una atmósfera modificada alrededor del alimento, en ella interactúan los gases producidos por la respiración de la atmosfera de empaque que penetra por la película de empaque. Estas técnicas pueden utilizarse para productos procesados o mínimamente procesados, para alimentos preparados, para frutas y hortalizas enteras e individuales, en cajas, o en contenedores.

Las atmosferas controladas o modificadas normalmente involucran menor concentración de O₂ mayor de CO₂ y ajuste con N₂. Paralelamente al control de gases se emplea una disminución de temperatura, por lo que este método de control de la maduración y/o senescencia se considera como un complemento de la refrigeración y no como sustituto de ella. (Parry & Ballesteros, 1995)

Además este método es utilizado en alimentos envasados. Según Paine and Paine (1994), para modificar la atmosfera se tiene el envasado en gas que puede generarse por dos métodos fundamentales; reemplazando mecánicamente el aire con un gas o mezcla de gases, o generando la atmosfera dentro del envase de forma pasiva como en el caso de las frutas, o activamente empleando modificadores de atmosferas adecuados como los absorbedores de oxígeno. (Parry & Ballesteros, 1995)

Entre ellas se encuentran:

AM pasiva: se desarrolla con el tiempo en el interior del empaque una atmosfera con alto contenido de dióxido de carbono y baja de oxígeno (respiración del producto). La permeabilidad de la película a los gases debe ser tal, que la velocidad de entrada del oxígeno sea compensada por el consumidor de este por el alimento, y la velocidad de evacuación del dióxido compensando por la producción del mismo.

AM activa: la atmosfera modificada deseada se crea debido que el aire se encuentra en el interior del empaque e removido por medio del vacío y luego reemplazado o una mezcla específica de gases que puede ser ajustada a través del uso de absorbentes y adsorbentes de O₂, CO₂, y etileno.

En esta atmosfera se ha encontrado que el pardeamiento enzimático, aparece más tarde puesto que la velocidad de pardeamiento depende parcialmente de la concentración del oxígeno. (Tabares & Velásquez, 2003)

Por ende uno de los gases más importante para modificar envases en alimentos es el CO₂ ya que es particularmente efectivo contra bacterias aerobias de la descomposición, gramnegativo, tales como *Pseudomonas* sp, que provocan pérdida de color malos olores en carne, aves y pescados. Además presentan varias propiedades tales como: Gas en condiciones normales (20°C y 1 kg/mL de presión), incoloro, inodoro y con sabor ácido, bacteriostático y fungicida en valores superiores al 10% y realza el sabor de las bebidas al agregarse o al producirse por fermentación natural. (Parry & Ballesteros, 1995)

CAPÍTULO III

3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. LOCALIZACIÓN

El presente proyecto de investigación se desarrolló en la Universidad Estatal Amazónica, ubicada en el km 2^{1/2} vía al Tena, Cantón Puyo, Provincia de Pastaza, se ubica en la región amazónica ecuatoriana (RAE), entre las coordenadas 1°-10´ latitud sur y 78°- 10´ longitud oeste y 2°- 35´ latitud sur y 76°- 40´ longitud oeste. Cuenta con una superficie de 29,773 km².

La investigación se llevó a cabo en un tiempo de 400 h, en las que se consideró la obtención de información teórica.

3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Para el desarrollo de esta investigación se realizó la búsqueda de datos a nivel mundial, del Ecuador y de la Provincia de Pastaza, sobre las tecnologías, procesos, consumo y parámetros de calidad de las bebidas carbonatadas y de jugo de caña de azúcar. Donde se valoró los modelos tecnológicos para la producción de la bebida gasificada a partir de jugo de caña de azúcar.

La naturaleza de esta investigación es de carácter explorativo, descriptivo y experimental ya que este proyecto de investigación se basa en la recopilación de fuentes bibliográficas de diferentes publicaciones realizadas como: artículos científicos, artículos de revistas, tesis, entre otros, con el fin de obtener datos sobre las diferentes tecnologías utilizadas en el proceso de bebidas gasificadas y de jugo de caña; y experimental ya que se realizó en base a los esquemas tecnológicos la determinación de los parámetros de calidad que debe cumplir la bebida.

Tomando en cuenta que no se ha encontrado investigaciones sobre el jugo de caña gasificada como producto de difusión masiva se determinará que el desarrollo de este proyecto es de vital importancia como base para la producción y comercialización de este producto en la Provincia de Pastaza.

3.3. MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN

3.3.1. MÉTODO DE SÍNTESIS, COMPARATIVO Y TRABAJO EN CAMPO.

El método que se utilizó en esta investigación está en base al método de síntesis, mediante la recopilación de información selecta de investigaciones, tesis, libros entre otros; por lo general mediante una lectura minuciosa, en la que se realizó el análisis de los puntos de interés que ayudaran como guía a la realización y desarrollo del presente proyecto.

El método comparativo se empleó mediante el análisis de los puntos y datos de interés cuya función es la recopilación de información de diferentes autores con el fin de obtener una base para el desarrollo de la investigación.

Además el método de trabajo de campo se llevó a cabo en la Ciudad Puyo, Barrio el Dorado, por lo que se considera el punto inicial de esta investigación, obteniendo datos mediante las observaciones realizadas. La validez se contrasta a lo largo de la investigación de este proyecto investigativo.

3.4. FUENTES DE RECOPIACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La información se obtendrá mediante la aplicación de dos fuentes primarias y secundarias.

1.-Fuente primaria:

Trabajo de campo-observación directa de la etapa de extracción del jugo de caña

2.-Fuente secundaria

Artículos científicos, libros, tesis, normas técnicas, documentos entre otros.

3.4.1. METODOLOGÍA APLICADA PARA LA PRODUCCIÓN DE UNA BEBIDA JUGO DE CAÑA DE AZÚCAR GASIFICADA.

La metodología de trabajo que se empleó en esa investigación se muestra en la figura 1. Esta consta de dos etapas interrelacionadas como propone Domínguez (2017), para el desarrollo de nuevos procesos tecnológicos en la fase de diseño conceptual.

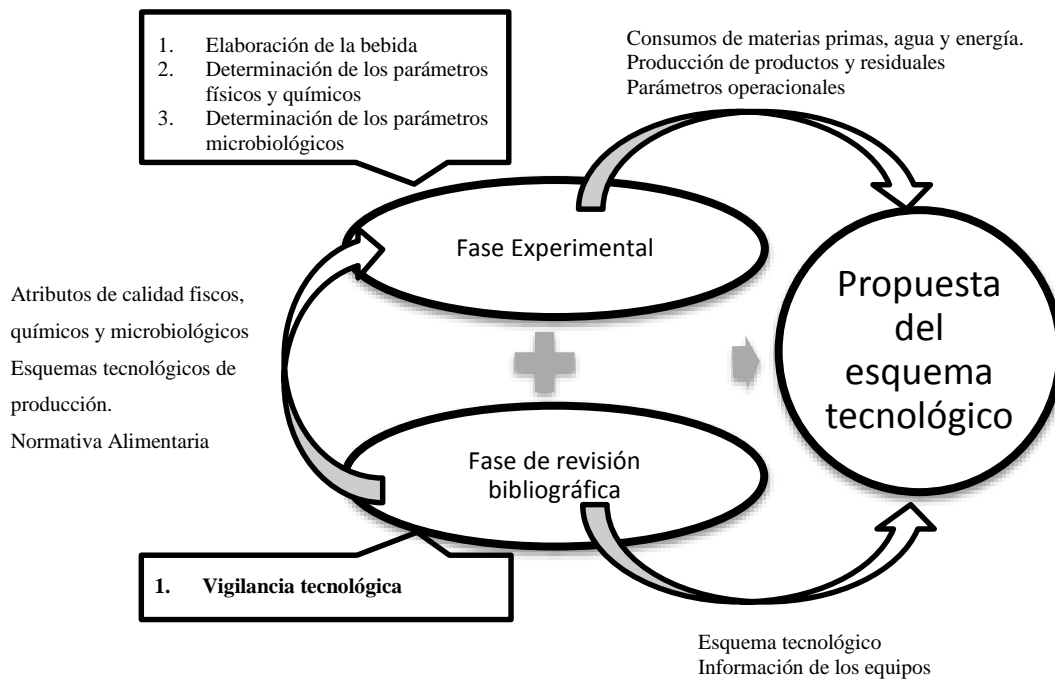


Figura 1. Metodología de trabajo del proyecto investigativo.

3.4.1.1. FASE DE REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Se determinó las características tecnológicas y atributos de calidad del jugo de caña y de las bebidas carbonatadas mediante la búsqueda bibliográfica de artículos científicos, tesis y manuales, esto nos permitió recopilar la información necesaria para usar estas características en la modelación y desarrollo del presente proyecto de investigación.

3.4.1.2. FASE EXPERIMENTAL

Los compuestos químicos que se utilizaran durante el proceso de obtención del jugo de caña gasificada en función a la etapa de carbonatación y conservación de la bebida son: ácido acético al 5% en grado alimenticio, bicarbonato de Na al 10% y benzoato de Na al 0,1%.

Mediante el desarrollo de la experimentación se obtuvo los parámetros necesarios para caracterizar tanto al jugo de caña como materia prima y al jugo de caña de azúcar gasificada, estos incluyen los siguientes parámetros fisicoquímicos: pH, °Brix, acidez titulable, flavonoides y color mediante la técnica oficial ICUMSA y microbiológicos

como: aerobios mesófilos (UFC/mL), coliformes (UFC/mL), mohos y levaduras (UFC/mL).

Por otro lado los compuestos químicos presentes en la medición de acidez titulable son: hidróxido de sodio (NaOH) y fenolftaleína (C₂H₁₄O₄).

Además en función de estas combinaciones se realizó los análisis correspondientes de estas bebidas gasificadas en un periodo de 16 días en la que se evaluó los resultados según los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, en la tabla 8 se muestra las posibles combinaciones para la realización de esta investigación.

Tabla 8. Alternativas tecnológicas.

| Alternativas tecnológicas | Tratamientos | | |
|---|---------------------|---------------------|--------------|
| | Tratamiento térmico | Tratamiento químico | Gasificación |
| JUGO DE CAÑA | ---- | ---- | ---- |
| JUGO DE CAÑA + BENZOATO DE SODIO + GASIFICACIÓN | ---- | 0,1% | 1,68 mL |
| JUGO DE CAÑA + TRATAMIENTO TÉRMICO + GASIFICACIÓN | 90 °C × 15 segundos | ---- | 1,68 mL |
| JUGO DE CAÑA + BENZOATO DE SODIO+ TRATAMIENTO TÉRMICO + GASIFICACIÓN | 90 °C × 15 segundos | 0,1% | 1,68 mL |

Fuete: Elaboración propia

Obtención y caracterización de los atributos de calidad del jugo de caña de azúcar y de la bebida gasificada a partir de jugo de caña de azúcar.

En la tabla 9 se muestra la cantidad de materia prima y conservantes utilizados en el proceso de la bebida gasificada a partir de jugo de caña de azúcar, según corresponda el esquema tecnológico planteado.

Tabla 9. Cantidad de materia prima y perseverantes utilizados

| Indicadores | Unidad | Cantidad |
|--------------------|--------|----------|
| Jugo de caña | mL | 275 |
| Benzoato de sodio | % | 0,1 |
| Dióxido de carbono | mL | 1,68 |

Fuente: Elaboración propia

A continuación se presenta un diagrama de proceso en base al esquema que se muestra en la (figura 2). Por lo tanto como primer paso se realizó el lavado, como segundo la molienda, como tercero el filtrado y por último el envasado. Durante el proceso se medirán los siguientes parámetros, con la finalidad de obtener un producto con óptimas condiciones para el consumidor. Los análisis implicados en el proceso son: pH, acidez, °Brix, flavonoides y color mientras que las pruebas microbiológicas son: aerobios mesófilos, coliformes, mohos y levaduras.

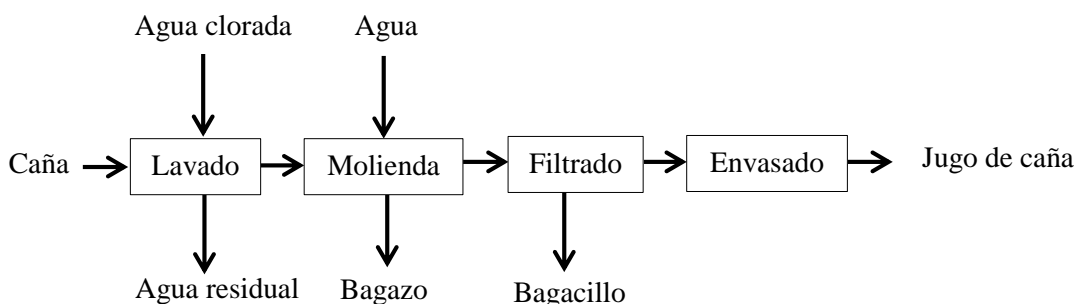


Figura 2. Esquema del proceso de obtención de jugo de caña de azúcar. Metodología de trabajo del proyecto investigativo.

Después de determinar el esquema tecnológico en la obtención de jugo de caña de azúcar, se identificó las alternativas tecnológicas en la que se mostró las operaciones que se realizaron en la preparación de las bebidas gasificadas a partir de jugo de caña de azúcar.

A continuación en las siguientes figuras 3,4 y 5 se observa los esquemas tecnológicos en la elaboración del jugo de caña de azúcar gasificada.

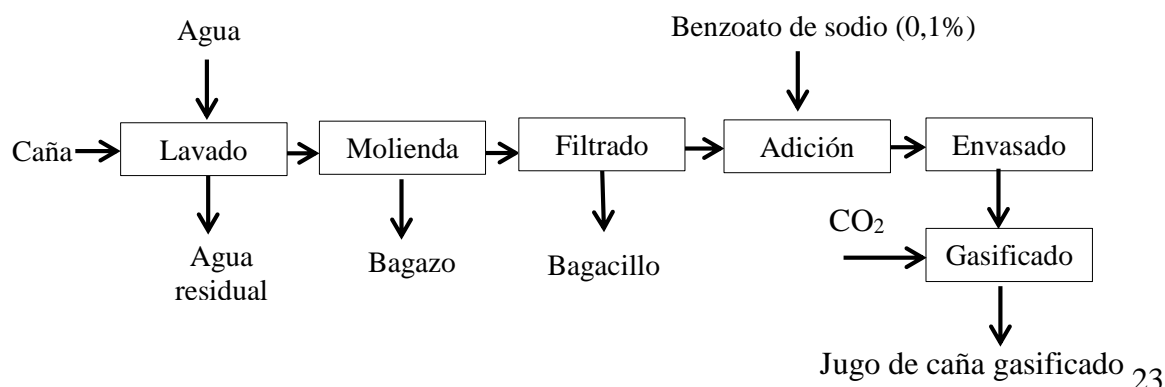


Figura 3. Esquema del proceso de obtención de jugo de caña de azúcar gasificada aplicando tratamiento químico.

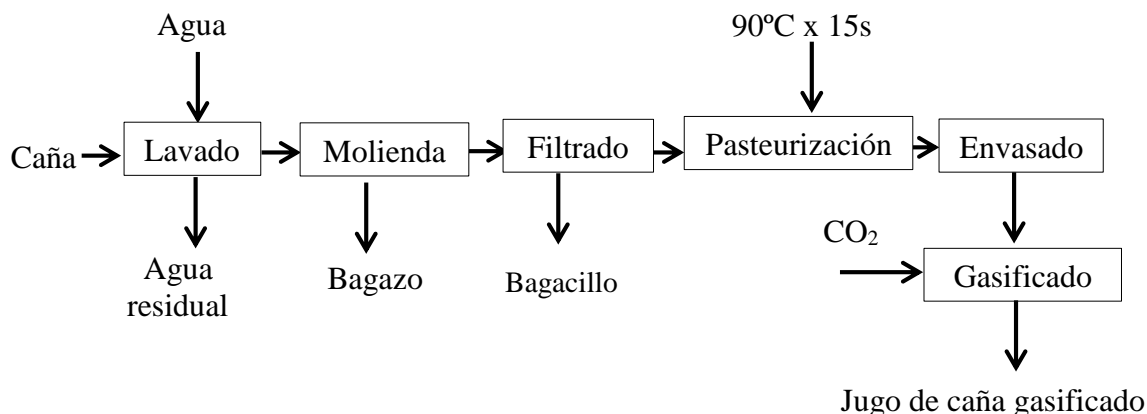


Figura 4. Esquema del proceso de obtención de jugo de caña de azúcar gasificada aplicando tratamiento térmico.

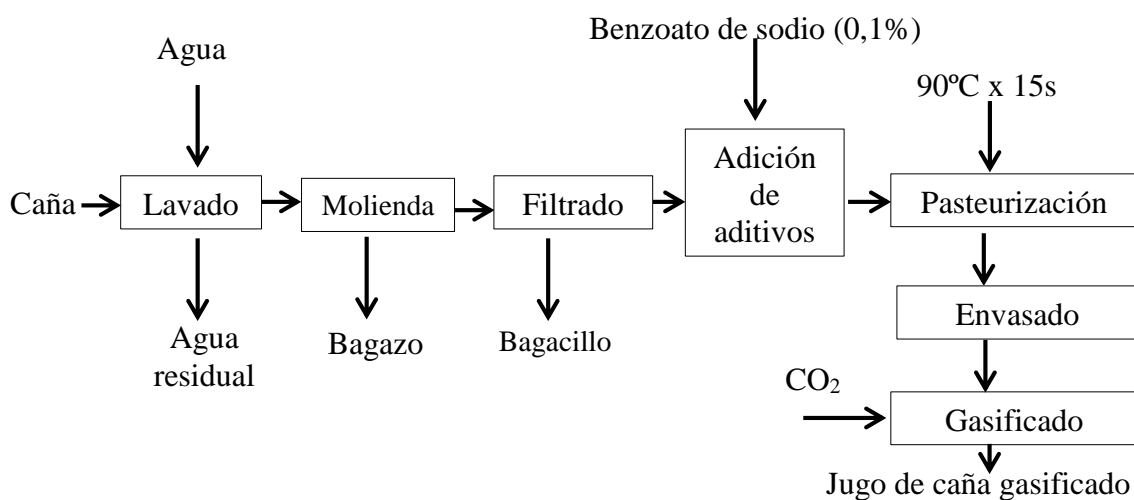


Figura 5. Esquema del proceso de obtención de jugo de caña de azúcar gasificada aplicando tratamiento químico y térmico.

Los análisis que se realizarán al jugo de caña y a la bebida gasificada en base a los esquemas tecnológicos se clasifican en:

Análisis fisicoquímicos:

Determinación de grados °Brix

Los instrumentos necesarios para calcular los °Brix son: refractómetro (0-32%) y agua destilada. Posteriormente se coloca en el prisma del refractómetro una gota de agua destilada para enserar luego se procede a colocar dos gotas de la muestra a analizar en el

prisma, se cierra la etapa y se observa por el lente sugerir los °Brix de cada muestra estudiada del jugo de caña (Castillo, 2018). Para calcular los grados °Brix se utilizó la siguiente ecuación:

$$b = \% \text{ Brix} \qquad \text{Ec.2}$$

Donde

b: % Brix de la muestra

Determinación de pH.

Para la determinación del pH se utilizaron los siguientes materiales y equipos: el potenciómetro, un agitador, la solución Buffer (pH 4-7-10), vaso de precipitación de 250 mL. Como primer paso se procedió a la calibración de los pH (4-7-10), el método se debe efectuar por duplicado sobre la misma muestra debidamente homogenizada por agitación y libre de CO₂, luego se colocó en el vaso de precipitación aproximadamente 100 mL de muestra agitando lentamente, a continuación se determinó el pH introduciendo los electrodos del medidor electrométrico en el vaso de precipitación con la muestra cuidando que no toquen las paredes del recipiente (INEN, 1984a).

Determinación de acidez titulable.

Los materiales y equipos utilizados en el análisis de la acidez son: potenciómetro, agitador, vaso de precipitación de 250 mL, pipeta volumétrica de 50 mL, bureta graduada de 50 mL, matraz Erlenmeyer y pastillas magnéticas. Mientras que los reactivos utilizados son: solución 0,1N de hidróxido de sodio debidamente estandarizada y fenolftaleína a 0,5%. Antes de analizar la acidez se realizó la preparación de la muestra este paso consiste en eliminar el gas carbónico contenido en la muestra, trasvasando varias veces de uno a otro vaso de precipitación. Este método se debe realizar por duplicado sobre la misma muestra aplicada. Como primer paso se procede tomando 10 mL de cada muestra se agrega cuatro gotas de fenolftaleína y se procede a titular con NaOH al 0,1N, para la verificación de alcanzar la acidez total se utilizó el potenciómetro hasta obtener el viraje la fenolftaleína que es pH (8,20). Por último se realizó el análisis mediante una observación calculando el valor de la acidez (INEN, 1984b). Para calcular la acidez titulable de la muestra, expresada en ácido cítrico se utilizó la siguiente ecuación:

$$\% \text{ de acidez} = \frac{A \times B}{C} \times D$$

Ec.3

Donde:

A: Mililitros gastados de NaOH

B: Normalidad de NaOH

C: g de muestra a analizar

D: Peso Molar del ácido cítrico (192,12 g/mol)

El valor resultante fue calculado en g/L, y convertido a g/100mL según los requisitos establecidos en la NTE INEN 1101-4.

Determinación del color mediante la norma técnica ICUMSA.

La norma ICUMSA se basa en la absorbancia de una solución filtrada de azúcares, es proporcional a la cantidad de materia coloreada presente que al ser relacionada permite determinar cuantitativamente el color. Para la medición del color se ajusta el espectrofotómetro a cero usando una celda con agua a una longitud de onda de 420 nm luego, se determina el Brix con el refractómetro. Posteriormente para la medición del color se ajusta el espectrofotómetro a cero usando una celda con agua a una longitud de onda de 420 nm. Efectuar la medición de la absorbancia de la solución de azúcar con una celda de 2 cm a 5 cm de longitud (Norma Mexicana, 2012). Para calcular el color de la muestra se utilizó la siguiente ecuación:

$$U.I. = \frac{A_s}{bc} \times 1000$$

Ec.4

Donde:

U.I: Unidad de color ICUNSA

As: Absorbancia

b: es la longitud de la celda (cm)

c: concentración de sólidos totales (g/cm^3) determinada por refractómetro y calculada a partir de la densidad (ver tabla 10).

Tabla 10. Conversión para sustituir valores en la fórmula de color.

| Grados Brix | (g/cm³) |
|--------------------|---------------------------|
| 1 | 0,0102 |
| 2 | 0,0201 |
| 3 | 0,0303 |
| 4 | 0,0406 |
| 5 | 0,0509 |
| 6 | 0,0613 |
| 7 | 0,0718 |
| 8 | 0,0824 |
| 9 | 0,0931 |
| 10 | 0,1038 |
| 20 | 0,2162 |
| 30 | 0,3381 |

Fuente: (Norma Mexicana, 2012)

Determinación de Flavonoides.

Se basa en el método colorimétrico del cloro de aluminio, fundamentalmente en este proceso el jugo es filtrado en un papel filtro para eliminar todos los rastros de bagacillo y materia en suspensión. Una vez obtenido los filtrados de las soluciones se toma 0,5 mL de las muestras y se le adiciona 0,15 mL de la solución de nitrito de sodio y dejándose reposar por 6 minutos pasado este tiempo se adicionaron otros 0,15 mL de tricloruro de aluminio, agitado y dejó reposar por 6 minutos. Al finalizar los 6 minutos se añadió 2 mL de hidróxido de sodio, llevando a un volumen de 5 mL con agua destilada y reposando por 15 minutos a temperatura ambiente, luego se determinó la absorbancia de la solución en un espectrofotómetro SHIMADZU modelo Uvmini 1240 a una longitud de 510 nm. Para la elaboración del blanco se ha seguido el mismo procedimiento sin emplear tricloruro de aluminio para evitar la formación del complejo coloreado (Alfaro et al., 2015). La concentración de flavonoides se expresara sobre la base de rutina. Por ende la cantidad total de flavonoides se determinara utilizando la siguiente ecuación:

$$c = \frac{A+0,001163}{0,010069} \quad \text{Ec.5}$$

Donde:

c: Concentración de flavonoides en la muestra

As: Absorbancia

Análisis microbiológicos:

Para la determinación de las unidades formadora de colonias presentes en el medio de cultivo de las muestras de jugo de caña y de las bebidas gasificadas se utilizó la siguiente ecuación.

$$\frac{UFC}{ml} \text{ ó } \frac{UFC}{G} = \frac{N \times FD}{m}$$

Ec.6

Donde:

UFC: Unidades formadoras de colonias (UFC/ml)

N: Número de colonias por placa

FD: Inversa de la dilución

m: ml de la muestra sembrada

Determinación de aerobios mesófilos (UFC/mL).

El método para la determinación de la cantidad de microorganismos aerobios mesófilos se basa en la certeza de que un microorganismo vital, presente en una muestra de alimento, al ser inoculado en un medio nutritivo sólido se reproducirá formando una colonia individual visible. Para que el conteo de las colonias sea posible se hacen diluciones decimales de la suspensión inicial de la muestra y se inocula el medio nutritivo de cultivo. Se incuba el inóculo a 30°C por 72 horas y luego se cuenta el número de colonias formadas. El conteo sirve para calcular la cantidad de microorganismos por g o por mL de alimento.

Fundamentalmente todo el material a utilizarse en la determinación debe estar perfectamente limpio y estéril y el área de trabajo debe estar constituida por una mesa nivelada, de superficie amplia, limpia, desinfectada, bien iluminada, situada en una sala de aire limpio, libre de polvo y corrientes de aire. Además todas las demás áreas del laboratorio deben estar libres de polvo, de insectos y guardar protegidos el material y suministros.

Los materiales y equipos utilizados durante la determinación de aerobios mesófilos son: Pipetas, Cajas Petri de 90 mm x 15 mm, Erlenmeyer y/o frasco de boca ancha de 100 mL, 250 mL, 500 mL y 1 000 mL con tapa de rosca autoclavable, tubos de 150 mm x 16 mm, gradillas, balanza de capacidad no superior a 2 500 g y de 0,1 g de sensibilidad, incubadora regulable (25°C - 60 °C), autoclave. Por otro lado el medio de cultivo utilizado es: agar para recuento en placa (*Plate Count Agar*).

Una vez preparada el área de trabajo y los materiales se continua la preparación de la muestra en frascos rotatorios adicionando 5,63 g de Plate Count Agar en 250 mL de agua destilada, adicionando las pastillas magnéticas, dejando reposar la muestra en un agitador y calentador por 15 minutos hasta que el medio de cultivo se homogenice completamente. Transcurridos los 15 minutos se introduce los frascos rotatorios en la autoclave por 15-20 minutos, una vez esterilizados los frascos se introduce el medio de cultivo en las cajas Petri dejando reposar el líquido hasta que se solidifique con el objetivo de sembrar la muestra seleccionada. Las diluciones para la siembra de la muestra en las cajas Petri se realizan utilizando tubos de ensayos, adicionando 9 mL de agua destila y 1 mL de muestra seleccionada. Por ende Para cada dilución el ensayo se hará por duplicado. En cada una de las cajas Petri bien identificadas se depositará 1 mL de cada dilución. Para cada depósito se usará una pipeta distinta y esterilizada. Una vez depositada la muestra en las cajas Petri se invierte las cajas y se deja en la incubadora a 30°C-36°C por 48 - 75 horas, pasado el tiempo de incubación se realiza el conteo de las respectivas diluciones (INEN, 2006).

Determinación de Coliformes (UFC/mL).

El método para la determinación de la cantidad de microorganismos Coliformes fecales se basa mediante la determinación del número de Coliformes fecales por g ó mL de muestra de alimento.

Los Coliformes fecales son bacterias de forma bacilar, Gram negativas, aerobias y anaerobias facultativas móviles e inmóviles, no esporuladas que en presencia de sales biliares u otros agentes selectivos equivalentes fermentan la lactosa con producción de ácido y gas cuando se incuban a $30 \pm 1^\circ\text{C}$ los productos refrigerados y a $35 \pm 1^\circ\text{C}$ los productos que se mantienen a temperatura ambiente y se utiliza el medio y método descrito. Este grupo es utilizado como indicador del grado de higiene.

Los materiales y equipos utilizados durante la determinación de Coliformes fecales son: pipetas, cajas Petri de 90 mm x 15 mm, *erlenmeyer* y/o frasco de boca ancha de 100 mL, 250 mL, 500 mL y 1 000 mL con tapa de rosca autoclavable, tubos de 150 mm x 16 mm, gradillas, balanza de capacidad no superior a 2 500 g y de 0,1 g de sensibilidad, incubadora regulable (25°C - 60 °C), autoclave. Por otro lado el medio de cultivo utilizado es: Agar para recuento en placa (*Chromocult* - Coliform Agar).

Una vez preparada el área de trabajo y los materiales se prosigue a la preparación de la muestra en frascos rotatorios adicionando 6,63 g de *Chromocult* - Coliform Agar en 250 mL de agua destilada, adicionando las pastillas magnéticas, dejando reposar la muestra en

un agitador y calentador por 15 minutos hasta que el medio de cultivo se homogenice completamente. Transcurridos los 15 minutos se introduce los frascos rotatorios en la autoclave por 15-20 minutos, una vez esterilizados los frascos se introduce el medio de cultivo en las cajas Petri dejando reposar el líquido hasta que se solidifique con el objetivo de sembrar la muestra seleccionada. Las diluciones para la siembra de la muestra en las cajas Petri se realizan utilizando tubos de ensayos, adicionando 9 mL de agua destilada y 1 mL de muestra seleccionada. Por ende para cada dilución el ensayo se hará por duplicado. En cada una de las cajas Petri bien identificadas se depositará 1 mL de cada dilución. Para cada depósito se usará una pipeta distinta y esterilizada. Una vez depositada la muestra en las cajas Petri se invierte las cajas y se deja en la incubadora a 35°C-37°C por 24 horas, pasado el tiempo de incubación se realiza el conteo de las respectivas diluciones (INEN, 1990a).

Determinación de mohos y levaduras (UFC/mL).

Para la determinación de mohos y levaduras, el método se basa en el cultivo entre 22°C y 25°C de las unidades propagadoras de mohos y levaduras, utilizando la técnica de recuento en placa por siembra en profundidad y en un medio que contenga extracto de levadura, glucosa y sales minerales por g ó mL de muestra de alimento.

Los materiales y equipos utilizados durante la determinación de mohos y levaduras son: pipetas, cajas Petri de 90 mm x 15 mm, *erlenmeyer* y/o frasco de boca ancha de 100 mL, 250 mL, 500 mL y 1 000 mL con tapa de rosca autoclavable, tubos de 150 mm x 16 mm, gradillas, balanza de capacidad no superior a 2 500 g y de 0,1 g de sensibilidad, autoclave. Por otro lado el medio de cultivo utilizado es: agar para recuento en placa (Agar patata y dextrosa).

Una vez preparada el área de trabajo y los materiales se prosigue a la preparación de la muestra en frascos rotatorios adicionando 9,75 g de Agar patata y dextrosa en 250 mL de agua destilada, adicionando las pastillas magnéticas, dejando reposar la muestra en un agitador y calentador por 15 minutos hasta que el medio de cultivo se homogenice completamente. Transcurridos los 15 minutos se introduce los frascos rotatorios en la autoclave por 15-20 minutos, una vez esterilizados los frascos se introduce el medio de cultivo en las cajas Petri dejando reposar el líquido hasta que se solidifique con el objetivo de sembrar la muestra seleccionada. Las diluciones para la siembra de la muestra en las cajas Petri se realizan utilizando tubos de ensayos, adicionando 9 mL de agua destilada y 1

mL de muestra seleccionada. Por ende para cada dilución el ensayo se hará por duplicado. En cada una de las cajas Petri bien identificadas se depositará 1 mL de cada dilución. Para cada depósito se usará una pipeta distinta y esterilizada, una vez depositada la muestra en las cajas Petri se invierte las cajas y se deja en una temperatura de 22°C-25°C al ambiente por 24 horas, pasado el tiempo de incubación se realiza el conteo de las respectivas diluciones. (INEN, 1990a)

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS

La caña de azúcar es uno de los cultivos más codiciados en el Ecuador por ser la principal fuente de materia prima para la obtención de diversos derivados como la panela, azúcar, jugo de caña entre otros. En la cual se determinó mediante una revisión bibliográfica las características tecnológicas de las bebidas gasificadas y del jugo de caña.

4.1. ESQUEMAS TECNOLÓGICOS DEL JUGO DE CAÑA

En el proceso de la elaboración del jugo de caña de azúcar se muestra las siguientes etapas: lavado, molienda, filtrado, decantación y envasado. En la figura 6 se observa el esquema tecnológico del jugo de caña de azúcar.

Por otra parte el equipo utilizado en esta etapa es el molino o rodillos cuya función es la extracción del jugo de caña de azúcar de una determinada cantidad de materia prima, el rodillos posee dos bolos de madera con el objetivo de triturar la caña de azúcar, actualmente los molinos de martillo son los más utilizados por lo que se consideran satisfactorias, generando extracciones entre (58 a 63%) de jugo de caña.

Ademas en la figura 6, se muestra otro de los esquemas recopilados mediante una revision bibliografica propuesto por (M. Solís & Villar, 2017) en la que consiste en una seria de etapas, estas son: lavado, molienda, filtrado, pasteurizacion, decantacion y envasado. Este producto en base a la normativa alimentaria de las bebidas cumple con los parametros y criterios microbiologicos nacional vigente .

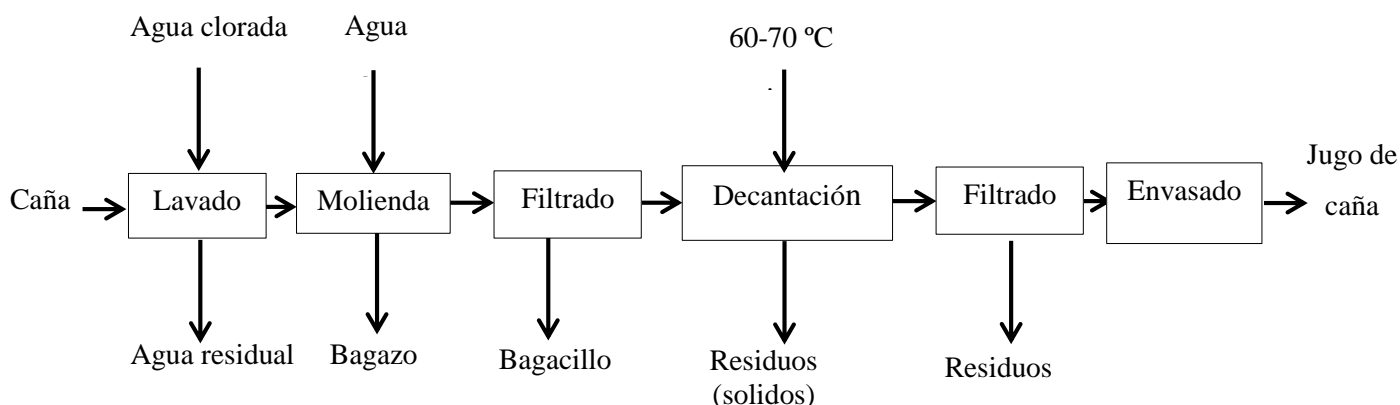


Figura 6. Esquema del proceso de obtención de jugo de caña de azúcar

En la figura 7, se observa el siguiente esquema en la que se muestra las etapas generales que se llevan a cabo en la elaboración de la bebida gaseosa, estas etapas

son: obtención del agua, pre-tratamiento, formación del jarabe, adición de aditivos y gasificado.

Ante todo las bebidas gaseosas deben cumplir con los atributos de calidad fisicoquímica y microbiológica establecida en la NTE INEN 1101.

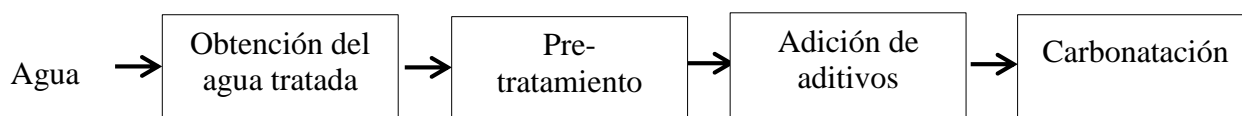


Figura 7. Esquema del proceso de obtención de las bebidas gaseosas.

4.2. DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICO QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICOS DEL JUGO DE CAÑA Y DE LA BEBIDA GASIFICADA.

4.2.1. PARAMETROS FISICOSQUÍMICOS.

4.2.1.1. DETERMINACIÓN DEL COLOR.

En la determinación del color según los análisis correspondientes se obtuvieron diferentes resultados en la que se comparó los resultados experimentales con los datos expuestos en la literatura. La comparación del color del jugo de caña y de la bebida gasificada se realizó con el fin de identificar el cambio y las variaciones.

A continuación en la tabla 11 se muestra los resultados obtenidos del jugo de caña de azúcar y de la bebida gasificada en base a la norma ICUMSA (Norma Mexicana, 2012).

Tabla 11. Resultados del color del jugo de caña y de las bebidas gasificadas.

| ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS | PARÁMETRO | | | | | | UNIDAD |
|--|-----------|---------|---------|---------|----------|----------|--------|
| | Medida | Día 1 | Día 2 | Día 4 | Día 9 | Día 16 | |
| JUGO DE CAÑA | ICUMSA | 8381,25 | 8322,02 | 8615,37 | 11154,09 | 9441,58 | I.U. |
| JUGO DE CAÑA + BENZOATO DE SODIO + GASIFICACIÓN | ICUMSA | 9437,50 | 9062,50 | 9612,67 | 11268,07 | 11786,38 | I.U. |
| JUGO DE CAÑA + PASTEURIZACIÓN + GASIFICACIÓN | ICUMSA | 8310,07 | 8298,39 | 8862,50 | 8779,12 | 8020,42 | I.U. |

| | | | | | | | |
|--|--------|---------|---------|---------|---------|---------|------|
| JUGO DE CAÑA + BENZOATO DE SODIO + PASTEURIZACIÓN + GASIFICACIÓN | ICUMSA | 8496,95 | 8479,43 | 8327,59 | 7962,15 | 8725,35 | I.U. |
|--|--------|---------|---------|---------|---------|---------|------|

FUENTE: Elaboración propia.

Después de identificar los resultados obtenidos del jugo de caña y de la bebida gasificada se muestra en la fig. 8, la variación de la coloración medida en valores numéricos obtenido mediante el método ICUMSA en los diferentes días de conservación.

Además la presencia de materia extraña en el jugo aumenta el color de los jugos extraídos. Por otra parte existen diferentes aspectos en el cambio del color como por ejemplo los precursores que son sustancias que si bien por sí misma aportan significativamente al color del jugo durante la generación del proceso (pardeamiento enzimático, formación de complejos coloreados, oxidaciones, etc.). (Norma Mexicana, 2012)

La cantidad y proporción de precursores de color (enzimas, fenoles, azúcares reductores, aminoácidos, hierro, polisacáridos, entre otros) y pigmentos naturales en la caña de azúcar no es constante y varía de acuerdo con la variedad, madurez de la caña, tipo, humedad del suelo, uso de fertilizantes, forma de cosecha e inclusive el uso de pesticidas y madurantes. (Alfaro et al., 2015)

Mediante la determinación de todos los datos de la coloración medida en valores numéricos dependiendo del tiempo de almacenamiento se comparó los resultados obtenidos con los resultados que se muestra en la tabla 2, identificando las variaciones que se muestra en la figura 8 de cada uno de los esquemas planteados.

Como se observa en la figura 8, el esquema planteado (figura 2) **JUGO DE CAÑA**, (figura 3) **JUGO DE CAÑA + BENZOATO DE SODIO + GASIFICACION**, (figura 4) **JUGO DE CAÑA + TRATAMIENTO T + GASIFICACION** y (figura 5) **JUGO DE CAÑA + BENZOATO DE SODIO + TRATAMIENTO T + GASIFICACION**, los datos de la coloración en valores numéricos se encuentran en un rango de 6 000 a 12 000 en unidades ICUMSA (U.I.). (Sánchez, 2016)

No obstante el aumento de la coloración en los esquemas planteados está asociado a los colorantes naturales de la caña de azúcar, uno de estos colorantes naturales son los flavonoides pigmentos responsables del color amarillo en las plantas. El aumento de flavonoides tal cual otros investigadores ya lo habían confirmado, la materia extraña aumenta el color y el contenido de flavonoides en el jugo de caña (Alfaro et al., 2015). Por

ende el aumento de la coloración en la bebida gasificada puede darse por otros colorantes naturales como la clorofila que son pigmentos verdes que sufren procesos de oxidación y son los responsables del incremento del color del jugo con el paso del tiempo. (Sánchez, 2016)

Por otro lado la aplicación del tratamiento químico y la aplicación del CO₂ influyeron en la conservación del color en el producto, mientras que la aplicación del tratamiento térmico a 90°C por 15 segundos disminuyó considerablemente la cantidad de materia extraña presente en la bebida reduciendo el contenido de flavonoides y de otros colorantes naturales presentes en el jugo de caña.

Fundamentalmente el esquema (figura 5) **JUGO DE CAÑA + BENZOATO DE SODIO + TRATAMIENTO T + GASIFICACION** se consideró la más aceptable debido a los valores constantes de la coloración en un periodo de 16 días.

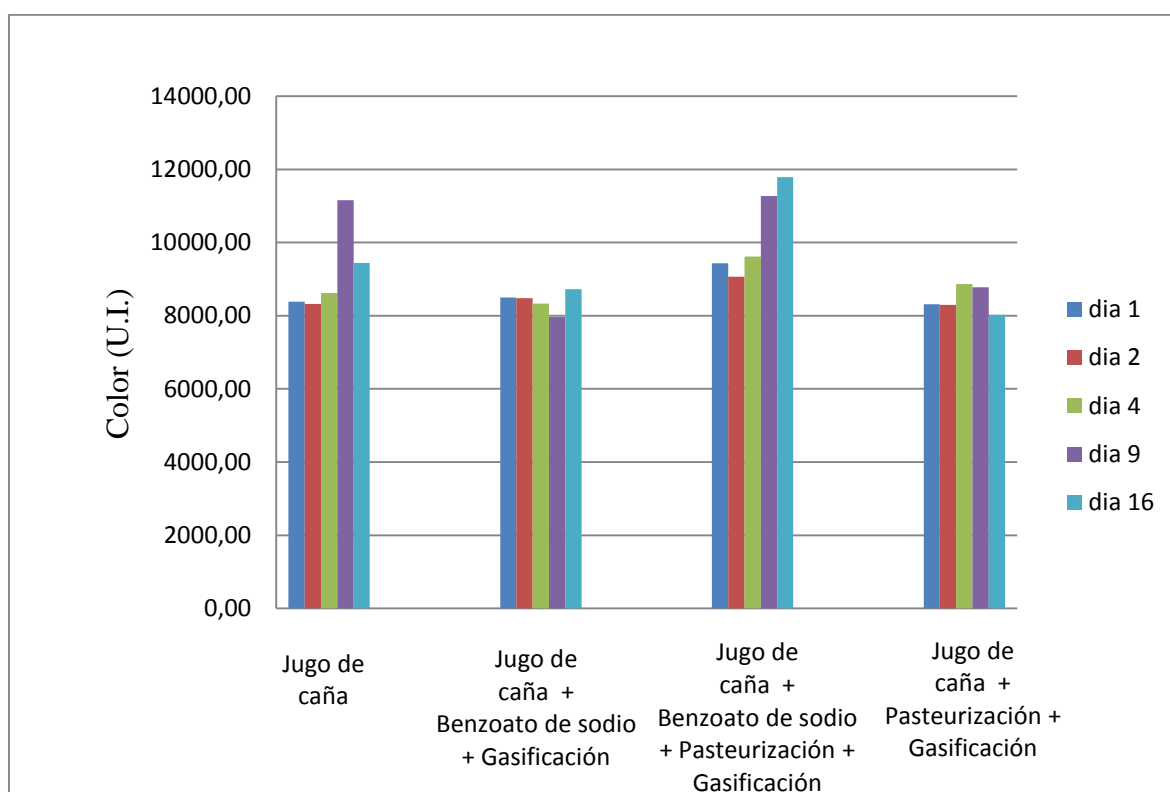


Figura 8. Variación del color según los datos obtenidos mediante la norma ICUMSA.

4.2.1.2. DETERMINACIÓN DE FLAVONOIDES

El contenido de flavonoides se determinó mediante el método colorimétrico del cloruro de aluminio en medio básico. En la que se aplicó en el jugo de caña de azúcar y en la bebida gasificada. La variación de los flavonoides según la literatura depende del contenido de materia extraña mientras mayor sea, mayor será el contenido de flavonoides en la muestra

ya que el incremento en la cantidad de hojas y cogollos posee un efecto mayor que la variedad de la caña. (Alfaro et al., 2015)

Además existen otros factores que afectan la variación de flavonoides según datos bibliográficos el aumento de la temperatura de los jugos provoca una disminución en el contenido de flavonoides. (Alfaro et al., 2015)

A continuación se muestra en la tabla 12 los datos obtenidos de la cantidad de flavonoides presentes en el jugo de caña y en la bebida gasificada a partir de jugo de caña.

Tabla 12. Contenido de flavonoides presentes en el jugo de caña y en la bebida gasificada a partir de jugo de caña.

| CANTIDAD DE FLAVONOIDES | | | | | | |
|--|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|---------------|
| ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS | DÍA 1 | DÍA 2 | DÍA 4 | DÍA 9 | DÍA 16 | UNIDAD |
| JUGO DE CAÑA DE AZUCAR | 123,59 | 122,65 | 122,65 | 122,65 | 122,65 | |
| JUGO DE CAÑA + BENZOATO DE SODIO + GASIFICACIÓN | 54,37 | 54,55 | 54,65 | 55,11 | 54,74 | ppm |
| JUGO DE CAÑA + PASTEURIZACIÓN + GASIFICACIÓN | 13,58 | 14,05 | 14,14 | 13,95 | 13,30 | |
| JUGO DE CAÑA + BENZOATO DE SODIO + PASTEURIZACIÓN + GASIFICACIÓN | 13,67 | 13,86 | 14,05 | 14,23 | 13,95 | |

FUENTE: Elaboración propia

Después de identificar los resultados obtenidos del jugo de caña y de la bebida gasificada se muestra en la figura 8, la variación del contenido de flavonoides mediante valores numéricos en la que se comparó los resultados obtenidos con los resultados expuestos en la literatura (tabla 2), identificando las variaciones que se muestra en la figura 8 de cada uno de los esquemas planteados.

Los valores identificados en la tabla 12 comparados con los valores que se muestra en la tabla 2 es considerado bajo debido a la aplicación de tratamiento térmico disminuyendo considerablemente el contenido de flavonoides (Alfaro et al., 2015). No obstante el contenido de flavonoides está relacionado con la coloración de la bebida por lo que generalmente existió otros compuestos coloreados como: los fenoles, antocianinas, amino-nitrogenados, clorofila y hierro entre otros, en la bebida gasificada. Por otra parte el contenido de flavonoides según Alfaro et al. (2015) depende de la cantidad de materia extraña presente en el jugo de caña.

Además los valores resaltados en cada esquema tecnológico planteado no es significativo como resultado se obtuvo que en el esquema (figura 2) **JUGO DE CAÑA** la cantidad de contenido de flavonoides totales es muy elevada debido al incremento del contenido de materia extraña presentes. (Alfaro et al., 2015)

Mientras que en el esquema (figura 3) **JUGO DE CAÑA + BENZOATO DE SODIO + GASIFICACIÓN** se obtuvo una menor concentración en la cantidad de flavonoides que del jugo de caña debido a la disminución de materia extraña presente en el producto final.

Por otra parte el esquemas tecnológico (figura 4) **JUGO DE CAÑA + PASTEURIZACIÓN + GASIFICACIÓN** se observó una disminución del contenido de flavonoides por la presencia del tratamiento térmico en el proceso, disminuyendo considerablemente la cantidad de materia extraña. El esquema tecnológico más aceptable fue (figura 5) **JUGO DE CAÑA + BENZOATO DE SODIO + PASTEURIZACIÓN + GASIFICACIÓN** por lo que se identificó que la cantidad de flavonoides presente en la bebida gasificada disminuyo porcentualmente por la aplicación del tratamiento térmico y por la eliminación porcentual de la materia extraña presente en la bebida.

Así mismo, se ha llegado a identificar que el incrementar la dosificación de nitrógeno en el campo durante el crecimiento de la caña de azúcar tiene efectos opuestos en el color: disminuyendo el color del jugo en alrededor de un 15%, pero para la elaboración de azúcar la cantidad de nitrógeno ayuda a incrementar el contenido de azúcar aumentando el color durante el almacenamiento. (Alfaro et al., 2015)

Por otra parte a continuación se muestra en la Figura 8 el contenido y la variación de flavonoides en cada esquema tecnológica en un intervalo de tiempo.

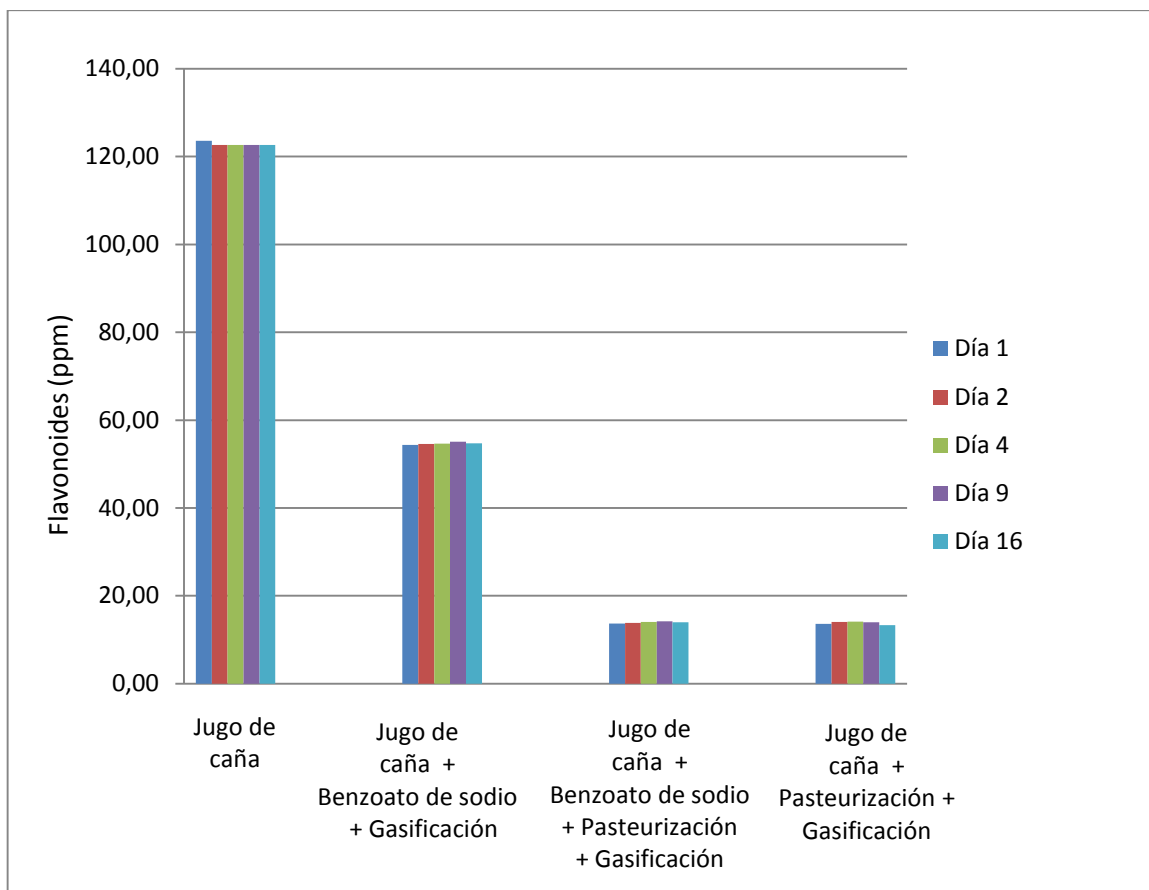


Figura 9. Contenido y variación de flavonoides en cada esquema tecnológica.

4.2.1.3. DETERMINACIÓN DE pH.

La determinación del pH se determinó mediante el método NTE INEN 1 087 en la que se aplicó al jugo de caña y a la bebida gasificada a partir de jugo de caña de azúcar.

A continuación se mostrara en la tabla 13 los resultados obtenidos del jugo de caña y de la bebida gasificada.

Tabla 13. Variación del pH en diferentes esquemas tecnológicos.

| ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS | VARIACIÓN DEL PH | | | | | NORMA TÉCNICA (INEN 1101: 2016) | UNIDAD |
|--|------------------|-------|-------|-------|--------|---------------------------------------|--------|
| | DÍA 1 | DÍA 2 | DÍA 4 | DÍA 9 | DÍA 16 | | |
| JUGO DE CAÑA DE AZUCAR | 5,00 | 4,00 | 3,00 | 2,20 | 1,50 | Mínimo- Máximo | |
| JUGO DE CAÑA + BENZOATO DE SODIO + | 5,00 | 5,00 | 4,85 | 4,63 | 4,25 | | |

| GASIFICACIÓN | | | | | | | | | |
|--|------|------|------|------|------|---|---|-----|----|
| JUGO DE CAÑA + PASTEURIZACIÓN + GASIFICACIÓN | 4,53 | 4,52 | 4,52 | 4,30 | 4,20 | 2 | - | 4,5 | pH |
| JUGO DE CAÑA + BENZOATO DE SODIO + PASTEURIZACIÓN + GASIFICACIÓN | 4,40 | 4,40 | 4,36 | 4,33 | 4,27 | | | | |

FUENTE: Elaboración propia

Después de identificar los resultados obtenidos del jugo de caña y de la bebida gasificada se muestra en la figura. 10, la variación del pH en los diferentes esquemas tecnológicos planteados.

La disminución del pH en los esquemas planteados es debido a diferentes factores uno de ellos es por la presencia de microorganismos en sí de las levaduras presentes en el jugo, ocurriendo el proceso de fermentación en la bebida (Rambla & Balbín, 2007).

Por otra parte otro de los factores que influyen en la disminución del pH es la aplicación del benzoato de sodio y del dióxido de carbono. El dióxido de carbono es uno de los responsables en la disminución del pH siendo el mayor responsable de la acidez por lo que al infundir una corriente de CO₂ a presión y al ser selladas, el gas queda disuelto en el líquido, formando un compuesto ácido (Silva & Durán, 2014). Además según Marsilio and Cichelli (1992) la aplicación del benzoato de sodio de igual forma contribuye a la disminución del pH aumentando la acidez y la intensidad del sabor en los refrescos.

No obstante en el esquema (figura 2) **JUGO DE CAÑA** la variación del pH es notable debido a la presencia de microorganismos, es decir de las levaduras responsables de la fermentación alcohólica en el jugo de la caña de azúcar. Por lo contrario en el esquema tecnológico (figura 3) **JUGO DE CAÑA + BENZOATO DE SODIO + GASIFICACIÓN** se observó una disminución mínima del pH debido a la aplicación de benzoato de sodio y de la gasificación dando como resultado un pH ácido presentes en las bebidas gasificadas.

Por otra parte el esquema tecnológico (figura 4) **JUGO DE CAÑA + PASTEURIZACIÓN + GASIFICACIÓN** se observó que el pH se mantuvo a un nivel aceptable acorde a los requisitos de las bebidas gasificadas aplicadas en la NTE INEN

2337, debido a la aplicación del tratamiento término y de la gasificación en el jugo posee una gran influencia en la conservación del jugo, aumentando la vida útil del producto.

Mientras que en el esquema tecnológico (figura 5) **JUGO DE CAÑA + BENZOATO DE SODIO + PASTEURIZACIÓN + GASIFICACIÓN** fue la más aceptable debido que la variación del pH fue mucho menor que en de los otros esquemas tecnológicos, debido a la aplicación del tratamiento térmico eliminando la mayor parte de levaduras y microorganismos presentes en el jugo de caña y reduciendo el pardeamiento enzimático y la fermentación de la bebida, ampliando en si la vida útil del producto y manteniéndose en los parámetros de los requisitos fisicoquímicos de las bebidas gasificadas.

A continuación se mostrara en la Figura 9 el contenido y la variación del pH presente en cada esquema tecnológica en un intervalo de tiempo.

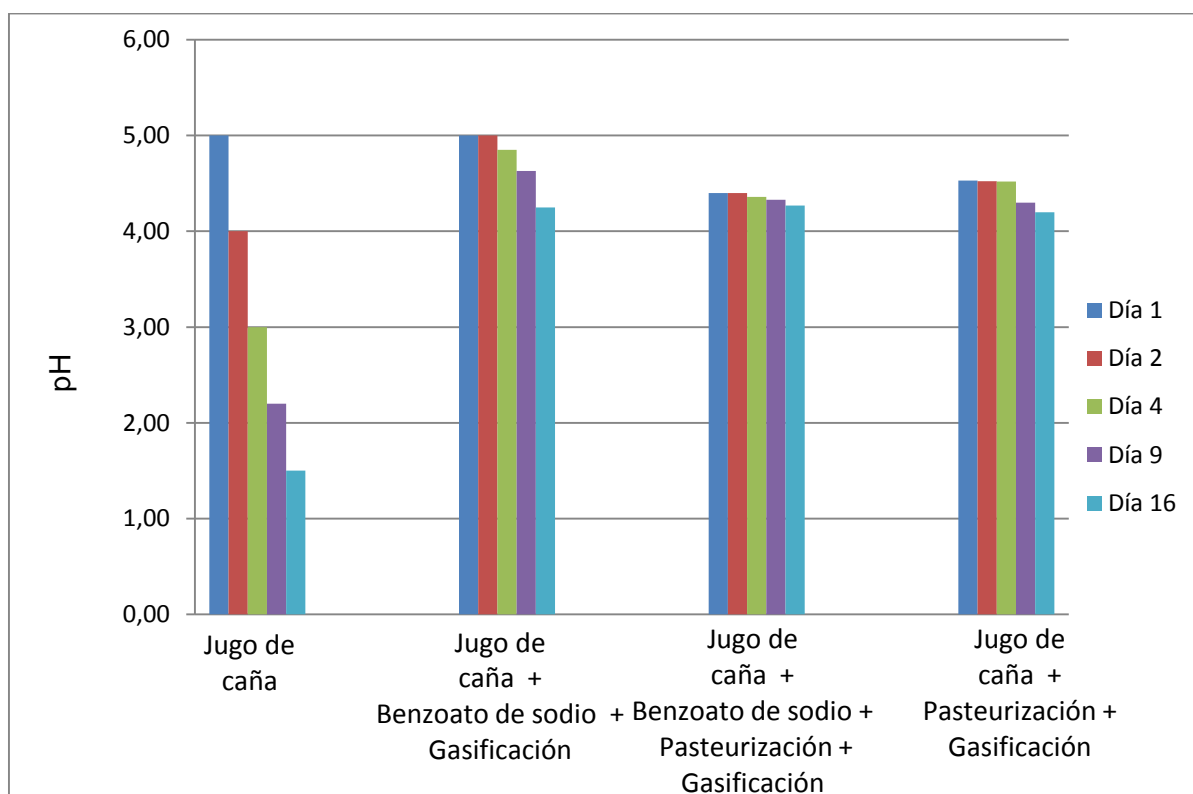


Figura 10. Variación del pH en cada esquema tecnológica.

4.2.1.4. DETERMINACIÓN DE LA ACIDEZ

La determinación de la acidez se determinó mediante el método NTE INEN 1091 en la que se aplicó al jugo de caña y a las bebidas gasificadas a partir de jugo de caña de azúcar.

La acidez es un factor muy importante en las bebidas por lo que un aumento afectaría a la calidad del producto debido a la presencia de bacterias en el producto. A continuación en la

tabla 14 se muestra los resultados obtenidos de la acidez del jugo de caña y de las bebidas gaseosas a partir de jugo de caña de azúcar.

Tabla 14. Variación de la acidez en base a los esquemas tecnológicos aplicados.

| VARIACIÓN DE LA ÁCIDEZ | | | | | | |
|--|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|-------------------------|
| ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS | DÍA 1 | DÍA 2 | DÍA 4 | DÍA 9 | DÍA 16 | UNIDAD |
| JUGO DE CAÑA DE AZUCAR | 0,134 | 0,134 | 0,134 | 0,134 | 0,134 | |
| JUGO DE CAÑA + BENZOATO DE SODIO + GASIFICACIÓN | 0,154 | 0,154 | 0,154 | 0,154 | 0,154 | |
| JUGO DE CAÑA + BENZOATO DE SODIO + PASTEURIZACIÓN + GASIFICACIÓN | 0,231 | 0,231 | 0,231 | 0,231 | 0,231 | ácido cítrico (g/100ml) |
| JUGO DE CAÑA + PASTEURIZACIÓN + GASIFICACIÓN | 0,250 | 0,250 | 0,250 | 0,250 | 0,250 | |

FUENTE: Elaboración propia

La industria azucarera en países en vías de desarrollo, enfrenta el problema del deterioro de la caña ya que empieza inmediatamente después del corte, siendo mayor a medida que aumenta el tiempo de permanencia, y dependiendo de las condiciones ambientales. Cuando el corte es manual el deterioro es mayor, debido al incremento de infecciones de origen bacteriano en los tallos. Es por este motivo que la caña de azúcar debe ser recogida inmediatamente del sitio del corte para evitar inversión y aumento de la acidez en el jugo de caña. (Larrahondo, 1995)

A nivel industrial, se consideran dos tipos de acidez. Se tiene la acidez natural y la acidez desarrollada. La acidez natural se debe a la composición natural del alimento o sustancia. La acidez desarrollada se debe a la acidificación de la sustancia ya sea por procesos térmicos, enzimáticos o microbiológicos (levaduras). (LLacsahuache, 2015)

El dióxido de carbono es uno de los responsables en el aumento de la acidez mientras menor es el pH la acidez es mayor. Por ende el CO₂ es el mayor responsable de la acidez

por lo que al infundir una corriente de CO₂ a presión y al ser selladas, el gas queda disuelto en el líquido, formando un compuesto ácido. (Silva & Durán, 2014)

Además en cuanto al valor de la acidez titulable se establece que, la dosis de levadura influyen en esta variable al igual que la variedad de caña, teniendo en cuenta que la variedad de caña como por ejemplo Cenizosa que presenta baja acidez, a diferencia de las variedades POJ y caleña. (Guerra, 2015)

Los análisis realizados de la variación de la acidez del jugo de caña y de la bebida gaseosa se muestran en la Figura 10. En el esquema (figura 2) **JUGO DE CAÑA** la acidez aumenta porcentualmente por la cantidad de microorganismos presentes, el aumento de la acidez se da también por varios factores uno de ellos es la temperatura que está expuesto el producto y la falta de asepsia en el proceso por lo que conlleva al aumento de los microorganismos en la bebida.

En el esquema tecnológico (figura 3) **JUGO DE CAÑA + BENZOATO DE SODIO + GASIFICACIÓN**, la variación de la acidez es menor que la del jugo de caña por lo que en este proceso se aplicaron métodos de conservación uno de ellos es el benzoato de sodio y el dióxido de carbono estos tratamiento cumplen la función de alargar la vida útil de la bebida. La variación de la acidez es mínima por lo que existen la presencia de microorganismos, aumentando a través del tiempo la acidez del producto final.

Por otra parte el esquema tecnológico (figura 4) **JUGO DE CAÑA + PASTEURIZACIÓN + GASIFICACIÓN** se determinó que la acidez no varía significativamente por la aplicación del tratamiento térmico y por el dióxido de carbono que aumenta la conservación del producto, además en este proceso posee un aumento mínimo por la presencia de microorganismo y por la temperatura expuesta del producto en un intervalo de tiempo.

No obstante el esquema tecnológico (figura 5) **JUGO DE CAÑA + BENZOATO DE SODIO + PASTEURIZACIÓN + GASIFICACIÓN** se observa que la aplicación del benzoato de sodio por su función de evitar el crecimiento de mohos y levaduras, y por el dióxido de carbono que aumenta la vida útil del producto y por la aplicación del tratamiento térmico en el producto la acidez no varía significativamente en el tiempo siendo el mejor esquema aplicado en la obtención del producto.

Por ende en los esquemas tecnológicos planteado la acidez está en un rango acorde a los requisitos establecidos de las bebidas gasificadas cumpliendo con los estándares de calidad del producto.

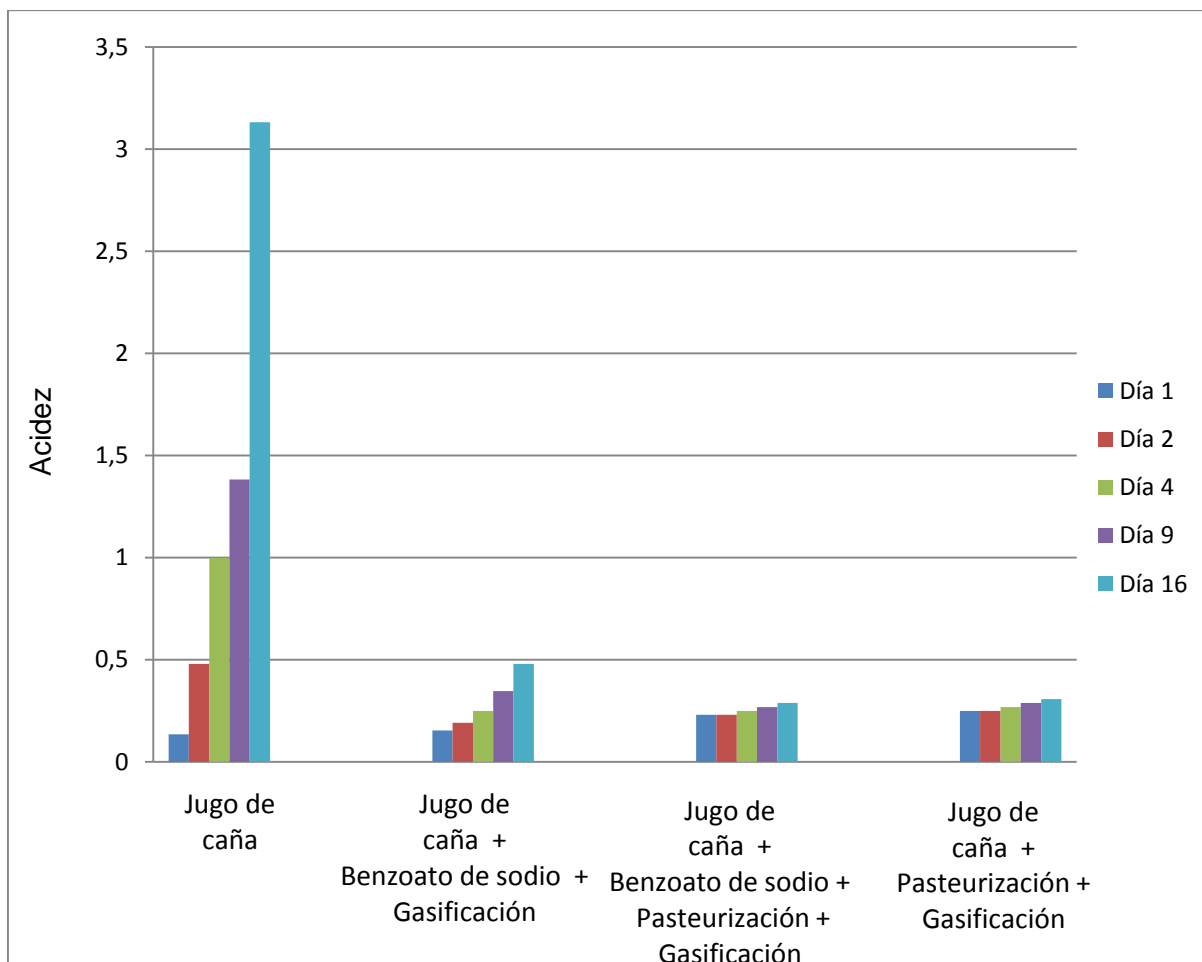


Figura 11. Variación de la acidez en cada esquema tecnológica

4.2.1.5. DETERMINACIÓN DE LOS °Brix

El contenido de azúcares presentes en el jugo varía según datos bibliográficos de la variedad, la edad, fitosanidad, el suelo, las condiciones meteorológicas, manejo agronómico aspectos morfológicos y condiciones agroclimáticas, estas características influyen directamente en la calidad de los productos (Larrahondo, 1995). Además la disminución de los °Brix depende de igual forma de los microorganismos (levaduras) y de la temperatura presentes en el producto, empezando el proceso de fermentación en la bebida.

A continuación en la tabla 15 se muestran los resultados obtenidos de la cantidad de sólidos solubles presentes en el jugo de caña y en las bebidas gasificadas a partir de jugo de caña de azúcar.

Tabla 15. Variación de solidos solubles presentes en los esquemas planteados.

| ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS | VARIACIÓN DE ° BRIX | | | | | UNIDAD |
|---|---------------------|-------|-------|-------|--------|--------|
| | DÍA 1 | DÍA 2 | DÍA 4 | DÍA 9 | DÍA 16 | |
| JUGO DE CAÑA DE AZUCAR | 15 | 14 | 12 | 9 | 7 | |
| JUGO DE CAÑA + BENZOATO DE SODIO + GASIFICACIÓN | 15 | 15 | 14 | 12 | 11,5 | |
| JUGO DE CAÑA + PASTEURIZACIÓN + GASIFICACIÓN | 16 | 16 | 15 | 14,5 | 13,8 | |
| JUGO DE CAÑA + BENZOATO DE SODIO + PASTEURIZACIÓN + GASIFICACIÓN | 16 | 16 | 16 | 15,85 | 15,4 | °Brix |

FUENTE: Elaboración propia

En la Figura 11 se muestra la variación del contenido de solidos solubles presentes en el jugo de caña y en la bebida gasificada.

En el jugo de caña la cantidad solidos solubles presentes se reduce debido a la cantidad de microorganismos (levaduras) presentes por lo que conlleva al proceso de fermentación alcohólica en la bebida (Espinoza, 2015).

Además por otra parte durante el proceso de fermentación se determina que los sólidos solubles reaccionan inversamente proporcional al tiempo, es decir que a mayor tiempo de fermentación menor cantidad de sólidos solubles por acción de las levaduras (Campués & Tarupí, 2011).

Por otra parte el esquema tecnológico planteado (figura 3) **JUGO DE CAÑA + BENZOATO DE SODIO + GASIFICACIÓN** se observa que la cantidad de solidos solubles presentes en la bebida gasificada es minima por la aplicación del tratamiento químico y la aplicación del dióxido de carbono. Además se observa que los sólidos solubles en un tiempo determinado disminuyen debido a la presencia de microorganismos (levaduras) en la bebida.

No obstante en el esquema planteado (figura 4) **JUGO DE CAÑA + PASTEURIZACIÓN + GASIFICACIÓN** se observa que la cantidad de solidos solubles no varía significativamente debido a la casi eliminación de lo microorganismo presentes en

la bebida. Por otra parte se observa que la cantidad de solidos solubles disminuye según el tiempo de exposición del producto en condiciones ambientales.

El esquema tecnológico (figura 5) **JUGO DE CAÑA + BENZOATO DE SODIO + PASTEURIZACIÓN + GASIFICACIÓN** se observa que la cantidad de solidos solubles no varía manteniéndose en un rango acorde a los requisitos de las bebidas gasificadas, esto se debe por la aplicación de los preservantes y por el tratamiento térmico.

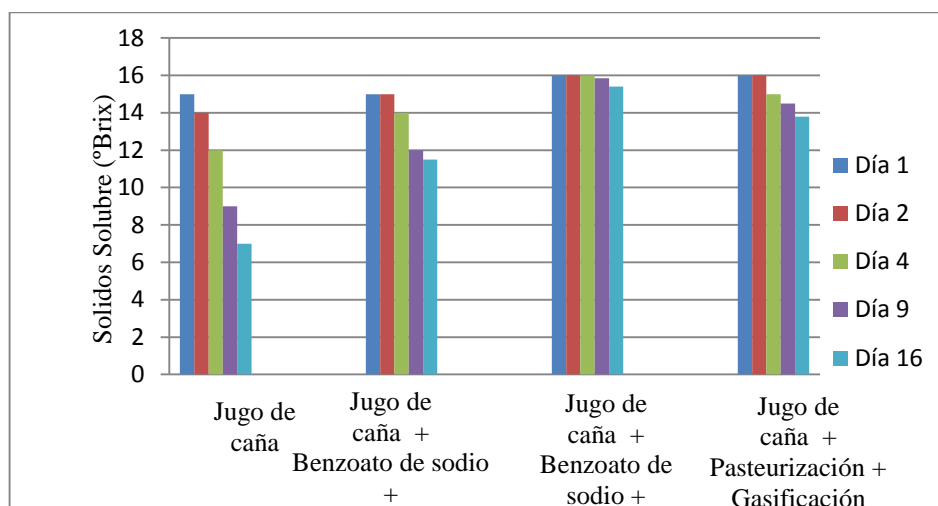


Figura 12. Variación de solidos solubles en cada esquema tecnológica.

4.2.2. PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS

4.2.2.1 DETERMINACIÓN DE COLIFORMES.

Para la determinación de coliformes se utilizó el método escrito en la NTE INEN 1529-6, este método se aplicó a las muestras de jugo de caña y a la bebida gasificada a partir de jugo de caña (INEN, 1990b)

Para la determinación de coliformes en las muestras se utilizó como medio de cultivo Chomocullt Coliformen-Agar que sirve como base para el cultivo de coliformes presentes en los alimentos.

Fundamentalmente mediante el recuento de cada una de las placas no hubo la existencia de microorganismos de coliformes, dando como resultados la aceptabilidad del producto.

4.2.2.2 DETERMINACION DE MOHOS Y LEVADURAS.

Para este análisis se aplicó la siguiente NTE INEN 1529-10 a las muestras de jugo y a las bebidas gasificada. Además en este análisis se utilizó como medio de cultivo Agar patata e

destrosio que sirve como base para el cultivo de mohos y levaduras presentes en los alimentos. En la tabla 16 se muestra los resultados de las levaduras presentes en el jugo de caña de azúcar y en la bebida gasificada.

Tabla 16. Comparación de resultados de las levaduras presentes en el jugo de caña y en la bebida gasificada.

| ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS | DESCRIPCIÓN MICROBIOLÓGICA (Levaduras) | | | | | CRITERIO MICROBIOLÓGIC O (INEN, 1990a) | UNIDA D |
|--|---|----------|----------|----------------|----------------|--|------------|
| | DÍA 1 | DÍA 2 | DÍA 4 | DÍA 9 | DÍA 16 | | |
| JUGO DE CAÑA DE AZÚCAR | 260 | 2920 | 320 | Incontabl e | Incontabl e | | |
| JUGO DE CAÑA + BENZOATO DE SODIO + GASIFICACIÓN | 60 | 70 | 250 | Incontabl e | Incontabl e | | |
| JUGO DE CAÑA + PASTEURIZACIÓN + GASIFICACIÓN | 40 | 50 | 70 | 90 | Incontabl e | < 10 | UFC/mL |
| JUGO DE CAÑA + BENZOATO DE SODIO + PASTEURIZACIÓN + GASIFICACIÓN | 30 | 50 | 70 | 80 | Incontabl e | | |

FUENTE: Elaboración propia

Generalmente para muchas levaduras en un medio adecuado, la fermentación significa la conversión de hexosas, principalmente glucosa, fructosa, mañosa y galactosa en ausencia de aire. Es decir las fuentes de carbono y energía que pueden emplear las levaduras figuran en primer lugar la glucosa y la sacarosa, aunque también pueden emplearse fructuosa, galactosa, maltosa y huero hidrolizado. (Campués & Tarupí, 2011)

Por otra parte durante el proceso de fermentación se determina que los sólidos solubles reaccionan inversamente proporcional al tiempo, es decir que a mayor tiempo de fermentación menor cantidad de sólidos solubles por acción de las levaduras (Campués & Tarupí, 2011).

Los conservantes más utilizados en la industria alimentaria es el benzoato de sodio que actúa principalmente inhibiendo parcialmente las bacterias y en forma de sal contra los hongos y levaduras presentes en el medio, con actividad máxima en un rango de pH comprendido entre 2,5 - 4,5 (Marsilio & Cichelli, 1992). Además otro de los tratamiento más utilizados para eliminar la carga microbiana es la pasteurización debido a las altas temperaturas que eliminan parcialmente los mohos, levaduras y bacterias con el fin de prolongar la vida útil del producto final (Ardila & García, 2015).

Par empezar en la Figura 13 se muestra la tendencia de crecimiento de las levaduras presentes en el esquema (figura 2) **JUGO DE CAÑA DE AZÚCAR**. La cantidad de levaduras entre el día 1,2 y 4 aumenta debido a las condiciones que presenta el medio o por la inadecuada manipulación de la materia prima durante el proceso. No obstante en el día 9 y 16 la cantidad de colonias aumenta obteniendo como resultado colonias incontables. Por otra parte no hubo el crecimiento de mohos en la muestra. Además el crecimiento porcentual de las levaduras presentes en el jugo de caña es debido a las condiciones favorables que presenta el medio, por ende las levaduras se desarrollan en un pH óptimo de 4 y 5 (Suárez , Garrido , & Guevara 2016).

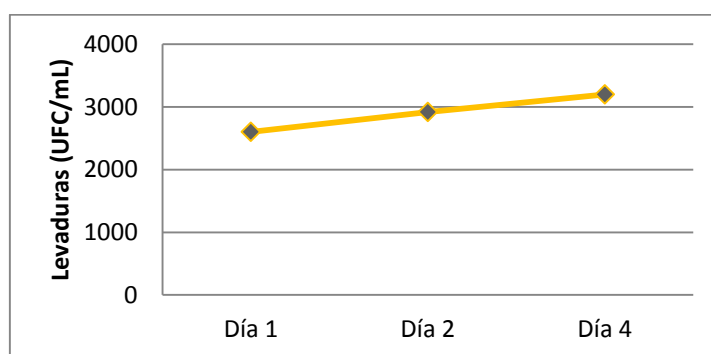


Figura 13. Tendencia de crecimiento de las levaduras en el jugo de caña de azúcar.

Por otra parte en la Figura 14 se muestra la tendencia de crecimiento de las levaduras del esquema (figura 3) **JUGO DE CAÑA + BENZOATO DE SODIO + GASIFICACIÓN** en la que se observa en el día 1 y 2 un crecimiento mínimo, debido a la aplicación del benzoato de sodio, también conocido como benzoato de sosa, que es un inhibidor de la actividad de los microorganismos tales como levaduras, bacterias y mohos. Además pro la aplicación de la gasificación. Por otra parte en el día 4 la presencia de microorganismos aumenta exponencialmente debido a las condiciones que presenta el medio en el desarrollo de las levaduras. No obstante en los días 9 y 16 las levaduras

aumentaron, obteniendo como resultado colonias incontables, debido a que los tratamientos aplicados no fueron favorables en la bebida gasificada (León, 2017).

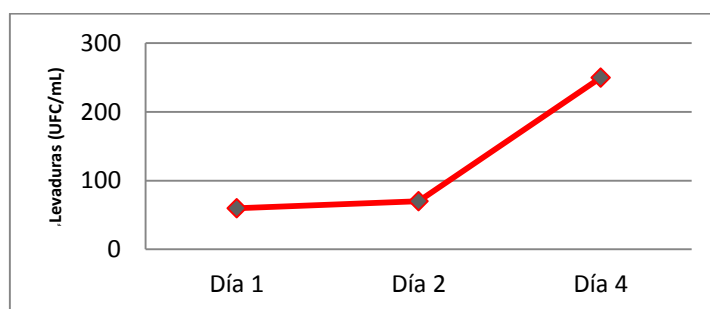


Figura 14. Tendencia de crecimiento de levaduras en la bebida gasificada aplicando tratamiento químico.

Sin embargo en la figura 15 se observa los resultados de los análisis microbiológicos en el esquema (figura 4) **JUGO DE CAÑA + PASTEURIZACIÓN + GASIFICACIÓN**, mostraron que la presencia de levaduras en el jugo de caña pasteurizado y gasificado en el día 1 y 2 la cantidad de levaduras es mínima debido al tratamiento térmico aplicado en la bebida, mientras que en el día 4 y 9 aumentaron porcentualmente, por lo que en el día 16 los números de colonias fueron incontables.

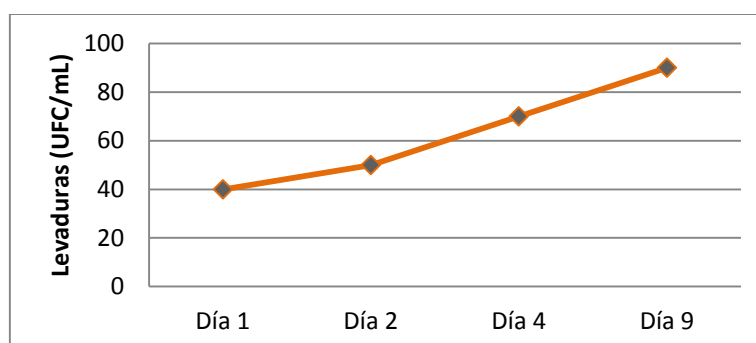


Figura 15.- Tendencia de crecimiento de las levaduras en la bebida gasificada aplicando tratamiento térmico.

En la figura 16 se muestra la tendencia de crecimiento de las levaduras del esquema planteado (figura 5) **JUGO DE CAÑA + BENZOATO DE SODIO + PASTEURIZACIÓN + GASIFICACIÓN**, los resultados del crecimiento de las levaduras no es porcentual. No obstante la aplicación del benzoato de sodio y de la pasteurización disminuyeron considerablemente la cantidad de microorganismos presentes en la bebida gasificada. El crecimiento de estos microorganismos se da por la contaminación del producto expuesto como medio de conservación en condiciones ambientales antes y después de la elaboración del producto.

No obstante la aplicación del benzoato de sodio y del tratamiento térmico no fue favorable en la eliminación y conservación del producto (León, 2017).

En la figura 16 se muestra la tendencia de crecimiento de las levaduras en el jugo de caña gasificada.

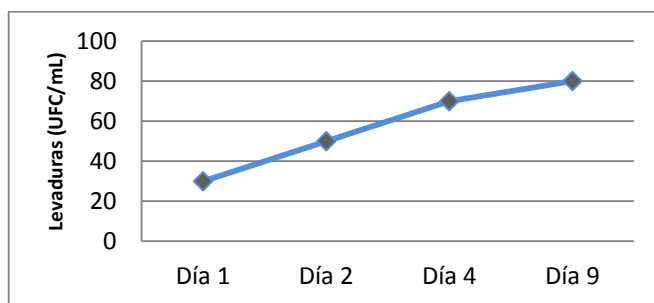


Figura 16. Tendencia de crecimiento de las levaduras en la bebida gasificada aplicando tratamiento químico y térmico.

Cabe destacar que el aumento de levaduras en las muestra de los diferentes esquemas plantados es debido por la mala manipulación de la materia prima durante el proceso, por lo que conllevaría a la mejora de las buenas prácticas de manufactura durante toda la cadena de proceso. A continuación se realizara el análisis del contenido de aerobio mesófilos en las muestras de jugo de caña y de la bebida gasificada

4.2.2.3 DETERMINACIÓN DE AEROBIOS MESÓFILOS

Para la determinación de las bacterias aerobios mesófilos se utilizó como medio de cultivo Plate count agar. En la tabla 17 se muestra la cantidad de bacterias presentes en la muestra de jugo de caña y de la bebida gasificada.

Tabla 17. Resultados de bacterias aerobios mesófilos presentes en el jugo de caña y en las bebidas gasificadas.

| DESCRIPCIÓN MICROBIOLÓGICA | | | | | | | |
|---|--------|--------|--------|------------|------------|--------------------------------------|--------|
| (Aerobios mesófilos) | | | | | | | |
| ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS | DÍ A 1 | DÍ A 2 | DÍ A 4 | DÍA 9 | DÍA 16 | CRITERIO MICROBIOLÓGICO (INEN, 2006) | UNIDAD |
| JUGO DE CAÑA DE AZÚCAR | 1920 | 2080 | 3200 | Incontable | Incontable | | |
| JUGO DE CAÑA + BENZOATO DE SODIO + GASIFICACIÓN | 20 | 30 | 280 | Incontable | Incontable | | |
| JUGO DE CAÑA + PASTEURIZACIÓN + GASIFICACIÓN | 40 | 70 | 110 | 140 | Incontable | < 10 | UFC/mL |

| | | | | | |
|---|----|----|----|-----|----------------|
| JUGO DE CAÑA + BENZOATO DE SODIO + PASTEURIZACIÓN + GASIFICACIÓN | 40 | 50 | 80 | 110 | Incont able |
|---|----|----|----|-----|----------------|

FUENTE: Elaboración propia

El jugo de caña según (Flores & Tafur, 2016) sin ningún tratamiento de limpieza y desinfección tiene una carga microbiana muy elevada en cuanto a aerobios mesófilos, mohos y levaduras.

Por otra parte uno de los conservantes más utilizados en la industria alimentaria es el benzoato de sodio que actúa principalmente inhibiendo parcialmente las bacterias y en forma de sal contra los hongos y levaduras presentes en el medio, con actividad máxima en un rango de pH comprendido entre 2,5 - 4,5 (Marsilio & Cichelli, 1992).

No obstante otro de los tratamiento más utilizados para eliminar la carga microbiana es la pasteurización debido a las altas temperaturas que eliminan parcialmente las bacterias con el fin de prolongar la vida útil del producto final (Ardila & García, 2015).

Los microorganismos tienen la capacidad de multiplicarse en cualquier ambiente y de manera acelerada con las condiciones adecuadas; por ende para contrarrestar el crecimiento apresurado de bacterias las instituciones que preparan gran variedad de productos alimenticios se ven obligados a mantener estándares de calidad con ayuda de análisis microbiológicos de cada uno de los productos.

Además estos microorganismos son capaces de desarrollar en presencia de oxígeno a una temperatura comprendida entre 20°C y 45°C con una óptima entre 30°C y 40°C. Por otra parte un recuento elevado puede significar la excesiva contaminación de la materia prima, deficiente manipulación durante el proceso de elaboración, la posibilidad de que existan patógenos, pues estos son mesófilos y la inmediata alteración del producto (Marsilio & Cichelli, 1992).

Como se puede observar en la figura 17 el esquema (figura 2) JUGO DE CAÑA por ser un producto sin tratamientos es natural que contenga una alta carga microbiana. Además se puede dar por las condiciones favorables que presenta la muestra.

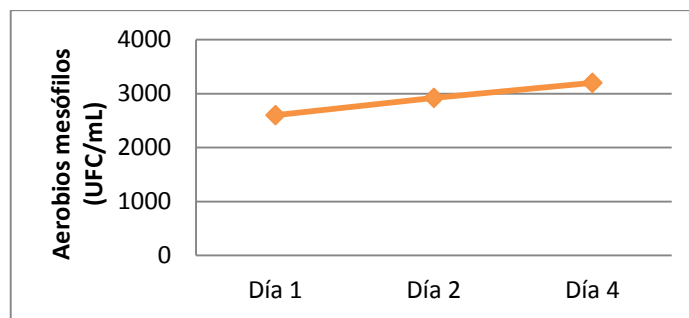


Figura 17. Tendencia de crecimiento de aerobios mesófilos en el jugo de caña de azúcar.

A continuación en la figura 18 se observa la tendencia de crecimiento del esquema (figura 3) **JUGO DE CAÑA + BENZOATO DE SODIO + GASIFICACIÓN**, la cantidad de microorganismo presentes en la muestra original disminuyo considerablemente debido a la aplicación del benzoato de sodio y de la gasificación no obstante hubo crecimiento aumentando en el día 4, mientras que en el día 9 y 16 las colonias desarrolladas en las placas eran incontables dando como resultado la excesiva contaminación de la materia prima.

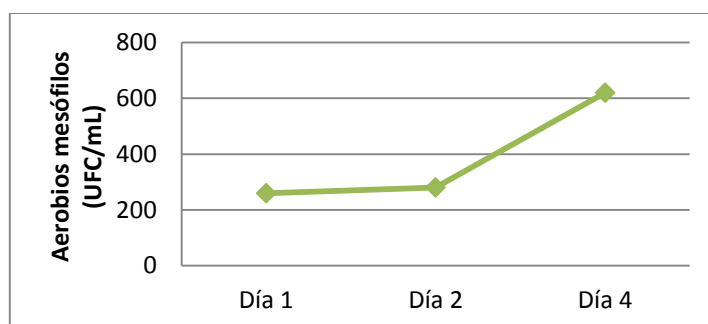


Figura 18. Tendencia de crecimiento de aerobios mesófilos en la bebida gasificada aplicando tratamiento químico.

De igual forma en la figura 19 se observa que el esquema (figura 4) **JUGO DE CAÑA + PASTEURIZACIÓN + GASIFICACIÓN**, la cantidad de bacterias aerobios mesófilos disminuyo, manteniéndose con una cantidad de microorganismos semiconstante durante los 9 días, no obstante en el día 16 aumento debido a la deficiente manipulación durante el proceso de elaboración o a la inmediata alteración del producto.

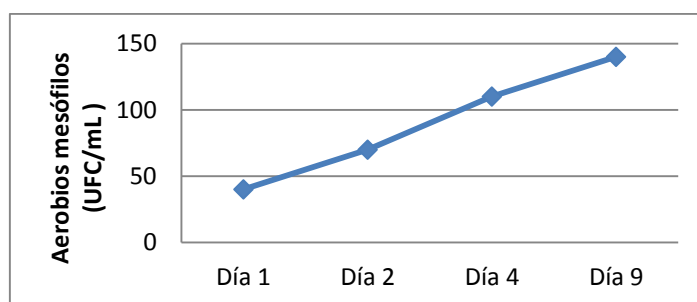


Figura 19. Tendencia de crecimiento de aerobios mesófilos en la bebida gasificada aplicando tratamiento térmico.

Por ultimo en la figura 20 se observa el comportamiento de las bacterias aerobios mesófilos del esquema (figura 5) **JUGO DE CAÑA + BENZOATO DE SODIO + PASTEURIZACIÓN + GASIFICACIÓN**, debido a la aplicación del benzoato de sodio y de la pasteurización como inhibidores de microorganismos cuyo objetivo es aumentar la vida útil del producto, el crecimiento de las bacterias aerobios mesófilos considerados con los otros esquemas disminuyo considerablemente, no obstante el aumento de los microorganismo en la muestra es debido a la falta de asepsia en el proceso.

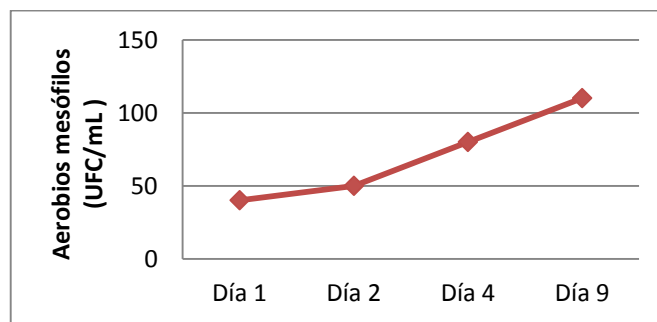


Figura 20. Tendencia de crecimiento de aerobios mesófilos en la bebida gasificada aplicando tratamiento químico y térmico.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

1. Se identificaron las características de las tecnologías y parámetros de calidad de las bebidas gasificadas y de jugo de caña mediante la búsqueda bibliográfica de diferentes esquemas tecnológicos, requisitos fisicoquímicos (color, °Brix, acidez, pH y flavonoides), y microbiológicos (Coliformes, aerobios mesófilos, mohos y levaduras).

2. Se desarrolló mediante las tecnologías identificadas las siguientes alternativas tecnológicas para la elaboración de la bebida gasificada a partir de jugo de caña de azúcar: jugo de caña + benzoato de sodio + gasificación, jugo de caña + pasteurización + gasificación y jugo de caña + benzoato de sodio + pasteurización + gasificación. Aplicando diferentes métodos de conservación como el tratamiento térmico, tratamiento químico (benzoato de sodio) y por atmosfera modificada dependiendo el esquema planteado con el objetivo de cumplir con todos los estándares de calidad del producto.

3. Se determino el esquema más factible de acuerdo a los resultados obtenidos durante el desarrollo experimental de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos. Por ende los resultados más factibles resaltaron en el esquema: jugo de caña + benzoato de sodio + pasteurización + gasificación, manteniendo valores constantes en los parámetros fisicoquímicos (color, flavonoides, acidez, pH y °Brix), mientras que en los análisis microbiológicos la aplicación del tratamiento térmicos y químico en cada esquema disminuyeron considerablemente la cantidad de microorganismo presentes en la bebida. Sin embargo en la muestra no hubo desarrollo de bacterias coliformes ni mohos, pero si un excesivo crecimiento de aerobios mesófilos y levaduras debido a la alta contaminación de la materia prima, deficiente manipulación durante el proceso de elaboración o por la inmediata alteración del productolos.

5.2. RECOMENDACIONES

1. Que se apliquen las buenas prácticas de manufactura durante el desarrollo de bebidas gasificadas con el objetivo de reducir el nivel de contaminación en el producto final.

2. Que se realicen pruebas sensoriales en la bebida gasificada a partir de jugo de caña con el objetivo de obtener datos sobre la aceptabilidad del producto.

3. Que se implementen otras alternativas tecnológicas en la elaboración de la bebida gasificadas a partir de jugo de caña con la finalidad de comparar los resultados con esta investigación.
4. Que se desarrolle a escala piloto los métodos planteados en esta investigación, con la finalidad de mejorar el proceso en la obtención de la bebida gasificada a partir de jugo de caña.

CAPÍTULO VI

6. BIBLIOGRAFÍA

- Alcázar, J. (2002). Diccionario técnico de industrias alimentarias. *Impreso en Cusco-Perú*.
- Alfaro, O., García, R., & Renderos, J. (2015). La generación de color en el proceso de producción de azúcar: Proceso fabril. *Researchgate*.
- Amerine, M., & Ough, C. (1976). *Análisis de vinos y mostos*. Retrieved from
- Ardila, L., & García, M. (2015). *Elaboración de una bebida refrescante a base de flor de jamaica*. Industrial de Santander, Bucaramanga.
- Artés, F., & Allende, A. (2005). Processing lines and alternative preservation techniques to prolong the shelf-life of minimally fresh processed leafy vegetables. *European Journal of Horticultural Science*, 70(5), 231.
- Astiasarán, I. (2003). *Alimentos y nutrición en la práctica sanitaria*: Ediciones Díaz de Santos.
- Astudillo, J., & Orellana, A. (2017). *Cuantificación de aspartame y acesulfame de potasio en bebidas gaseosas expendidas en los supermercados de la ciudad de Cuenca*.
- Ayala, J., & Pardo, R. (1995). Optimización por diseños experimentales con aplicaciones en ingeniería. *CONCYTEC*.
- Bray, E., Bailey, J., & Weretilnyk, E. (2000). Biochemistry and molecular biology of plants. *Rockville: American Society of Plant Physiologists*, 1158-1203.
- Campués, J., & Tarupí, J. (2011). *Obtención de alcohol a partir de jugo de caña, cachaza y melaza, mediante la incorporación de dos niveles de fermento (saccharomyces cerevisiae)*. UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE, Ibarra – Ecuador.
- Carvajal, A., & Gómez, A. (2003). *Avances en la evaluación integral de los procesos de preparación y molienda en ingenios colombianos*. Retrieved from
- Castillo, V. (2018). *Desarrollo de una bebida gaseosa de mortiño (vaccinium meridionale) en la comunidad de Sigchos provincia de Cotopaxi*. Quito: Universidad de las Américas, 2018,
- Domínguez, A. (2017). *Formulación y métodos de conservación de una bebida a partir de la hoja de Teberinto, (Moringa oleífera)*. Universidad de El Salvador,
- Elizalde, M. (2015). *Mejoramiento de la rentabilidad con diversificación de subproductos de la caña de azúcar en Chaguarpamba Loja*. Machala: Universidad Técnica de Machala, LOJA.
- Espinoza, V. (2015). *Utilización del jugo de caña de azúcar (Saccharum officinarum) como medio de cultivo para la producción de Saccharomyces boulardii L., Machala 2014*. Universidad Técnica de Machala, Machala.
- Flores, J., & Tafur, P. (2016). Conservación de jugo de *Saccharum officinarum* (caña de azúcar) como bebida refrescante. *Conocimiento Amazónico*, 3(2), 139-151.
- Fretes, F., & Martínez, M. (2011). Caña de azúcar, Análisis de la cadena de valor en Concepción y Canindeyú. 23.
- García, R., Sarabia, D., Pico, J., Sancho, D., Sarabia, D., & Matute, J. (2018). Utilización de tres métodos químicos para la conservación de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.), variedad POJ 93, en Pastaza, Ecuador. *La Técnica*(19), 61-74.
- Gil, Á., & López, M. (2005). *Tratado de nutrición: composición y calidad nutritiva de los alimentos*: Acción Médica.
- Guaman, F., Guaman, E., & Villavicencio, H. (2009). Diseño, simulación y emulación de una planta productora de panela. *Guayaquil, Ecuador: Escuela Superior Politécnica del Litoral*.
- Guerra, A. (2015). *Determinación del rendimiento de alcohol en tres variedades de caña (Saccharum officinarum)(POJ, Caleña, Cenizosa) mediante la incorporación de tres niveles de levadura (saccharomyces cerevisiae)*.
- Gutiérrez, C., Vásquez-Garibay, E., Romero-Velarde, E., Troyo-Sanromán, R., Cabrera-Pivaral, C., & Magaña, O. (2009). Consumo de refrescos y riesgo de obesidad en adolescentes de Guadalajara, México. *Boletín Médico del Hospital Infantil de México*, 66(6), 522-528.

- Gutiérrez, V., & Carolina, T. (2016). Efecto de la tecnología de procesamiento y variedad de caña sobre las propiedades fisicoquímicas, microbiológicas y organolépticas de la panela.
- INEN. (1984a). 1087:1984. *Bebidas gaseosas*. Retrieved from <https://archive.org/details/ec.nte.1087.1984>
- INEN. (1984b). 1091:1984. *Bebidas gaseosas*. Retrieved from <https://archive.org/details/ec.nte.1091.1984>
- INEN. (1990a). 1529-8:1990. *Control microbiológico de los alimentos*. INEN. Quito
- INEN. (1990b). 1529:1990. *Control Microbiológico de los Alimentos. Mohos y levaduras viables*.
- INEN. (2006). 1529-5:2006. *Control microbiológico de los alimentos*.
- INEN. (2008). NTE INEN 1101: *Bebidas gaseosas. Requisitos*. Retrieved from <https://archive.org/details/ec.nte.1101.2008/page/n0>
- INEN. (2016). 1101:2016. *Bebidas carbonatadas*. Retrieved from <https://archive.org/details/ec.nte.1101.2008>
- Larrahondo, J. (1995). Calidad de la caña de azúcar. *El cultivo de la caña en la zona azucarera de Colombia*. Eds. Cassalet, C, 337-354.
- León, M. (2017). *Evaluación de eficiencia de dos marcas diferentes de benzoato de sodio en zumo de naranja sobre pruebas microbiológicas*. ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA, Lima, Perú.
- Leonardo, R. (2012). *Consumo de bebidas gaseosas en escolares de 10 a 12 años de la ciudad de Rosario*. Universidad Abierta Interamericana,
- LLacsahuache, N. (2015). *Determinación de pH y acidez titulable*. Nacional de Piura, Piura.
- Marsilio, V., & Cichelli, A. (1992). Influencia del sorbato potásico y del benzoato sódico sobre la estabilidad de las aceitunas de mesa en salmuera. *Grasas y aceites*, 43(2), 66-74.
- Millán, F., & Roa, V. (2001). Uso de la metodología de superficie de respuesta en la evaluación del pardeamiento en cambur procesado por impregnación al vacío. *Interciencia*, 26(7), 290-295.
- Morejón, Y., & Revé, J. (2013). Influencia de la preparación de caña de azúcar a moler en la producción de azúcar en el Complejo Agroindustrial Azucarero Manuel Fajardo. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 22(1), 16-19.
- Mujica, M., Guerra, M., & Soto, N. (2008). Efecto de la variedad, lavado de la caña y temperatura de punteo sobre la calidad de la panela granulada. *Interciencia*, 33(8), 598-603.
- Norma Boliviana. (2010). *Bebidas analcohólicas - Requisitos*. La Paz Retrieved from http://www.bibliotecaudi.com.bo/opac_web/?view=details&search=k8/O&ind=%20METROLOGIA%20Y%20ESTANDARIZACION&page=7
- Norma Mexicana. (2012). *Secretaría Económica Industria Azucarera y Alcoholera*. Retrieved from <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/114876/NMX-f-526-SCFI-2012.pdf>
- Osorio, G. (2007). *Manual técnico buenas prácticas agrícolas (BBA) y buenas prácticas de manufactura (BPM) en la producción de caña y panela*.
- Paine, F., & Paine, H. (1994). *Manual de envasado de alimentos*.
- Parry, R., & Ballesteros, F. (1995). *Envasado de los alimentos en atmósfera modificada*: A. Madrid Vicente Ediciones.
- Perán González, J. R. (2011). *Libro blanco del control automático en la industria de la caña de azúcar*. España: CYTED.
- Rambla, M., & Balbín, A. (2007). Procesamiento de levadura para la obtención de derivados. Diferentes alternativas. *ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar*, 41(1), 2-11.
- Reyes, C., & Manuel, L. (2010). Reingeniería del sistema de limpieza y sanitización por el método cip para las envasadoras de bebidas gaseosas. *Obtenido de http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123, 456789, 10677*.
- Rivera, D., Gardea Béjar, A., Martínez, M., Rivera, M., & González, G. (2007). Efectos bioquímicos postcosecha de la irradiación UV-C en frutas y hortalizas. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 30(4).

- Rivera, J., Muñoz-Hernández, O., Rosas-Peralta, M., Aguilar-Salinas, C., Popkin, B., & Willett, W. (2008). Consumo de bebidas para una vida saludable: recomendaciones para la población mexicana. *Boletín Médico del Hospital Infantil de México*, 65(3), 208-237.
- Robles Madrigal, P., & Chalini Herrera, J. D. (2017). Conservadores que inhiben el crecimiento microbiano en la elaboración de alimentos procesados. *Revista Electrónica: Humanidades Tecnología y Ciencia del Instituto Politécnico Nacional*, Ejemplar 17, 1-7.
- Rodríguez, J. (2013). *Estudio de prefactibilidad técnica y económica de la implementación de una nueva tecnología de carbonatación por contactor de membrana en sustitución de un equipo convencional en una planta de bebidas carbonatadas*. Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- Rodríguez, M., Avalos, M., & López, R. (2014). Consumo de bebidas de alto contenido calórico en México: un reto para la salud pública. *Concepción Salud en Tabasco*, 20(1), 28-33.
- Rojas, P. (2002). Planeamiento de la producción de bebidas gaseosas mediante la simulación.
- Sánchez, T. (2016). Efectos de la materia extraña sobre el color del jugo de caña. *Cenicaña*, 2019.
- Sauceda, E. (2011). Uso de agentes antimicrobianos naturales en la conservación de frutas y hortalizas. *Ra Ximhai: revista científica de sociedad, cultura y desarrollo sostenible*, 7(1), 153-170.
- Shama, G., & Alderson, P. (2005). UV hormesis in fruits: a concept ripe for commercialisation. *Trends in Food Science*, 16(4), 128-136.
- Silva, P., & Durán, S. (2014). Bebidas azucaradas, más que un simple refresco. *Revista chilena de nutrición.*, 41(1), 90-97.
- Singh, R. P. (2000). Scientific Principles of Shelf-Life Evaluation in MAN, CMD; Jones, AA (2000). Shelf-life Evaluation of Foods. In: Springer. INTERNET: <http://books.google.co.cr/books>.
- Solís-Fuentes, J., Calleja-Zurita, K., & Durán-de-Bazúa, M. (2010). Desarrollo de jarabes fructosados de caña de azúcar a partir del guarapo. *Tecnología, Ciencia, Educación*, 25(1).
- Solís, J., Calleja, K., & Durán, M. (2010). Desarrollo de jarabes fructosados de caña de azúcar a partir del guarapo. *Tecnología, Ciencia, Educación*, 25(1).
- Solís, M., & Villar, J. (2017). COMPARACIÓN DEL JUGO DE CAÑA ACIDIFICADO Y ENVASADO EN BOTTELLAS DE VIDRIO (Twist off), DE DOS VARIEDADES CRIOLLAS DE CAÑA DE AZÚCAR LA AMARILLA (*Saccharum officinarum*) Y LA MORADA (*Saccharum robustum*). *Revistaguacamaya*, 16-40.
- Suárez, C., Garrido, N., & Guevara, C. (2016). Levadura *Saccharomyces cerevisiae* y la producción de alcohol. Revisión bibliográfica. *ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar*, 50(1).
- Tabares, C., & Velásquez, J. (2003). *Estudio de la vida de anaquel del tomate de árbol (Cyphomandra betacea) osmodeshidratado empacado en atmósferas modificadas*. Universidad Nacional de Colombia, Colombia. Manizales. .
- Tello, E., Aparicio, W., & QUISPE, R. (2006). Introducción a la tecnología de los alimentos. *Representaciones Offset Continental SRL Puno, Perú*.
- Tesén, M., & Valdez, J. OPTIMIZACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO ASCÓRBICO, TIEMPO Y TEMPERATURA PARA INACTIVAR POLIFENOLOXIDASA EN JUGO DE CAÑA MEDIANTE METODOLOGÍA DE SUPERFICIE RESPUESTA.
- Varnam, A., & Sutherland, J. (1994). *Bebidas: tecnología, química y microbiología*: Editorial Acribia.